



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación

**“La prueba del concepto como proceso iterativo en la
innovación y desarrollo de productos”**

Opción de titulación:
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación

Presenta:
Víctor José Lizardi Nieto

Dirigido por:
Dr. Gerardo Sánchez Cázares

SINODALES

Dr. Gerardo Sánchez Cázares
Presidente

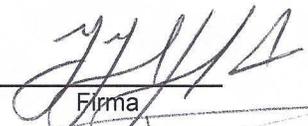
Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma
Secretario

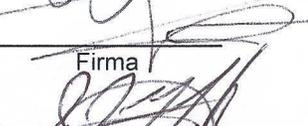
Dr. Juan José Méndez Palacios
Vocal

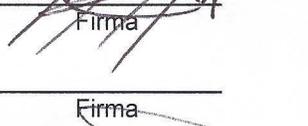
Dr. Víctor Manuel Castaño Meneses
Suplente

Dra. Clara Escamilla Santana
Suplente

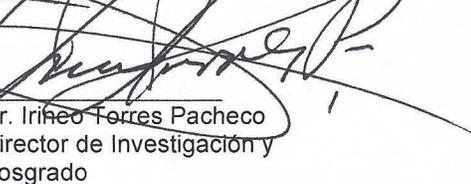
Dr. Arturo Castañeda Olalde
Director de la Facultad


Firma


Firma


Firma


Firma


Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Noviembre 2014
México

RESUMEN

La innovación es clave de la prosperidad a nivel global, es vital para sustentar e impulsar el crecimiento de las organizaciones. Los nuevos productos, la manifestación más visible de la innovación, ya no tienen una vida de cinco o diez años, sino de unos cuantos años o solo de meses. Las bases de la tecnología crecen de manera exponencial, haciendo hoy posibles productos en lo que ni se soñaba hace una década, sin embargo, la mayoría de las innovaciones fallan porque la innovación es también un proceso complejo, difícil de gestionar. De ahí la necesidad de entender cada vez mejor el proceso de innovación. Los modelos de innovación han evolucionado en las décadas recientes, pero no se ha superado del todo la discusión acerca de la influencia relativa de la tecnología y del mercado. Llevando esta discusión hasta el proceso de desarrollo de nuevos productos, surge la interrogante acerca del concepto mismo del producto y como se prueba tal concepto. El objetivo principal de este trabajo es profundizar en el entendimiento del proceso y particularmente en lo relativo a como se define el concepto de producto y como se realiza la *prueba del concepto* bajo las influencias de la tecnología y del mercado. La investigación, de carácter cualitativo, fue realizada de marzo a octubre de 2013 mediante el estudio de caso del desarrollo tecnológico realizado por un centro público de investigación ubicado en Querétaro, México: *Extrusor de residuos agrícolas para producir alimento para ganado*. Se explica la manera en que surge el concepto de producto que se transforma mediante una experimentación continua e iterativa, auspiciada por la relación entre los desarrolladores tecnológicos y los usuarios potenciales. Se muestra como las sucesivas transformaciones del producto, son resultado del aprendizaje creciente respecto a la tecnología y al mercado y la aplicación de ese conocimiento en la mejora del producto. Se concluye que en la habilidad para innovar subyace un proceso de experimentación y participación de usuarios que hace posible crear y evaluar nuevas ideas y conceptos no solo para productos, sino también para procesos y plataformas tecnológicas.

(Palabras clave: Prueba del concepto, desarrollo de nuevos productos, desarrollo tecnológico, innovación, residuos agrícolas)

SUMMARY

Innovation is the key to prosperity at a global level; it is vital for sustaining and encouraging organizational growth. New products, the most visible manifestation of innovation, no longer have a life of five to ten years, but only of a few years or months. The bases of technology grow exponentially, making products possible today that were never even dreamed of a decade ago. However, most innovations fail because innovation is also a complex process, one that is difficult to administer. This makes it necessary to have an ever better understanding of the innovation process. Innovation models have evolved in recent decades, but the discussion about the relative influence of technology and the market has not been completely overcome. Taking this discussion to the development process of new products, the question comes up about the product concept itself and how this concept is tested. The main objective of this work is to deepen understanding of the process, particularly concerning how the product concept is defined and how the *proof of concept* is carried out under the influence of technology and the market. This study, qualitative in nature, was carried out from March to October, 2013, using a case study of technological development done by a public research centre in Queretaro, Mexico: *Extruder of crop residue for the production of animal feed*. The way in which the product concept which is transformed through continuous and repetitive experimentation, assisted by the relationship between technological developers and potential users comes up, is explained. It is shown how successive product changes are the result of increased learning regarding technology and the market and how the use of this knowledge improves the product. It is concluded that the ability to innovate underlies the process of experimentation, and that participation by users makes possible the creation and evaluation of new ideas and concepts, not only for products, but also for technological processes and platforms.

(Key words: Proof of concept, development of new products, technological development, innovation, crop residue)

DEDICATORIAS

A mi esposa Beatriz, por su amorosa paciencia y comprensión.

A mis hijos Beatriz, Víctor José, Fernando y Alejandro, por su responsabilidad y constante afán de superación. Y a sus respectivos cónyuges por que con ellos están logrando construir hermosas familias.

A todos mis nietos, con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gerardo Sánchez Cázares, Director de Tesis, por su valiosa orientación y generoso apoyo, tanto en lo personal como en lo institucional.

A los doctores Fernando Baquero Herrera, Guillermo Muñoz Hernández y Agustín Escamilla Martínez, por su tiempo, entusiasmo e interés en comunicarme sus experiencias en CIATEQ, A.C. como responsables del desarrollo del equipo de extrusión, desde el concepto, prototipos y fabricación, hasta las pruebas y promoción.

A Don Rodolfo Monroy Sandoval, como un homenaje póstumo, por su impulso inicial y decisión para el desarrollo del equipo extrusor cuando estuvo al frente de la Asociación Ganadera Regional de Huimilpan, Qro.

Al Dr. Juan de Dios Garza, quién desde el INIFAP, sembró la inquietud de trabajar en el aprovechamiento de forrajes y esquilmos agrícolas para la alimentación animal.

A la Dra. Guadalupe Bernal, por su entusiasta comunicación y paciencia para explicarme los resultados y las interrogantes surgidas de las pruebas nutricionales del producto, mismas que dirigió en la Escuela Veterinaria y Zootecnia de la UAQ.

A los empresarios que se interesaron en el equipo e hicieron posible la realización de pruebas y producción de alimento. En especial al Ing. Juan Carlos Feregrino, Director de Unión Ganadera Delicias, por su interés, empeño y compromiso para transitar y cruzar “el valle de la muerte” y así lograr que la tecnología y sus productos lleguen eventualmente a ser exitosos en el mercado.

A todos los directivos y maestros del Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación por su generosa disposición y esfuerzo para construir este nuevo espacio de aprendizaje.

ÍNDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	
Innovación	
Conceptos y definiciones	5
Teoría de la innovación	9
La innovación y el crecimiento económico	11
La innovación en el contexto organizacional	15
Tipos de innovación	17
Modelos de innovación	20
La innovación a principios del siglo XXI	32
Desarrollo de nuevos productos (DNP)	
Conceptos y definiciones	49
Impulsores del DNP	53
Modelos para el DNP	59
El Desarrollo Tecnológico y el DNP	67
Tecnologías clave y plataformas para el DNP	74
El concepto del producto y la prueba del concepto en el proceso de DNP	
El concepto del producto	76
La creatividad y el tamizado de ideas	79
La prueba del concepto	83

La prueba del mercado	89
Influencia relativa de la mercadotecnia y la tecnología en el DNP	94
La participación de los usuarios en el desarrollo del producto	97
La experimentación, herramienta indispensable para la innovación	101
Conocimiento codificado y conocimiento personal	103
Construcción gradual del conocimiento organizacional	108
Controversias sobre el modelo de conversión del conocimiento	116

III.- METODOLOGÍA

Antecedentes	120
Justificación de la investigación	122
Problema de estudio	124
Definición del campo de estudio	126
Objetivos de la investigación	127
Estrategia de investigación	128
Preguntas de investigación	132
Proposiciones teóricas	134

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caso de estudio, diseño y evidencias	136
Resultados de la revisión y de las entrevistas	
El conocimiento previo y la identificación de la oportunidad	141
Definiendo el concepto inicial del producto y su prueba	142
Definiendo el proceso de densificación	143
DT del equipo extrusor	144
Probando el prototipo y obteniendo las primeras muestras de alimento	147
La colaboración de los investigadores de la UAQ	148
La colaboración de los usuarios líderes en las pruebas y mejoras	151
Análisis de las evidencias en el estudio de caso	
Análisis de la primera proposición teórica	154

Análisis de la segunda proposición teórica	157
Análisis de la tercera proposición teórica	164
Integración de las proposiciones teóricas (hacia un esquema de innovación basado en el aprendizaje)	172
Respondiendo a las preguntas de investigación	
Respuesta a la pregunta central de investigación	174
Respuesta a la primera pregunta derivada de la pregunta central	178
Respuesta a la segunda pregunta derivada de la pregunta central	178
Respuesta a la tercera pregunta derivada de la pregunta central	179
Prueba de calidad de la investigación	
La validez del constructo	181
Validación interna	182
Validación externa	182
Confiabilidad	184
Conclusiones	
Síntesis de lo destacable de la literatura acerca de la innovación y DNP	184
La relevancia del concepto del producto y su prueba	186
Idoneidad de la metodología en la investigación de tesis	187
Hacia un esquema de innovación basado en el aprendizaje	189
Confluencia de los procesos de DNP y DT	191
Recomendación para investigaciones futuras	192
LITERATURA CITADA	194
APÉNDICE	200

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1.1.- Tipos de innovación	18
3.1.- Estudios sobre la frecuencia de la innovación impulsada por los usuarios	100
4.1.- Principales actores entrevistados	138

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
1.1	Olas de desarrollo tecnológico 1770-1990	13
1.2	Visión general del proceso de innovación	16
1.3	Tipos de innovación de producto	19
1.4	Primera generación del proceso de innovación	22
1.5	Segunda generación del proceso de innovación	23
1.6	Tercera generación del proceso de innovación	24
1.7	Cuarta generación del proceso de innovación	25
1.8	Quinta generación del proceso de innovación	26
1.9	Modelo de innovación abierta	27
1.10	Círculo de la innovación con ciclos interconectados	29
2.1	Los tres niveles del producto	50
2.2	Tipos de nuevos productos en dos dimensiones	53
2.3	El ciclo de vida del producto	56
2.4	Proceso lineal de ocho etapas para DNP	59
2.5	Flujos de efectivo y DNP	60
2.6	Un modelo de etapas por actividad	62
2.7	Sistema de etapas y compuertas	64
2.8	Modelo de redes para DNP	66
2.9	Modelo de DNP a partir de un proyecto de DT	69
2.10	El modelo de innovación Spiro-Level® en tres dimensiones	71
2.11	Proceso de innovación de productos discontinuos	72
2.12	El árbol tecnológico de Canon	75
3.1	El concepto del nuevo producto	78
3.2	Naturaleza de la creatividad en el proceso de DNP	80
3.3	La evolución del concepto del nuevo producto	84
3.4	Concepto de producto y prueba de prototipo	86
3.5	Clasificación de actividades de DNP en diferentes industrias	95
3.6	Tipología de nuevos productos	97
3.7	Conversión del conocimiento	109
3.8	La espiral del conocimiento	110

3.9	Modelos de cinco fases en el proceso de creación de conocimiento organizacional	114
4.1	Modelo de las funciones básicas en la transferencia de tecnología	121
4.2	Estrategias y modos de análisis de las evidencias	130
4.3	Línea de tiempo 1997-2003	139
4.4	Línea de tiempo 2005-2012	140
4.5	Extrusor montado a tractor agrícola categoría II	146
4.6	Esquema general de micro planta para elaborar alimento para rumiantes a base de residuos agrícolas y agroindustriales	152
4.7	Evolución del concepto del producto, en el caso de estudio, derivados de las interrelaciones entre los procesos de DNP y DT	159
4.8	Interacciones inducidas por el DT del caso	163
4.9	Primer ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado	168
4.10	Segundo ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado	169
4.11	Tercer ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado	170
4.12	Cuarto ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado	170
4.13	Los 4 ciclos de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado	171
4.14	Relaciones causales en los proyectos que DNP y DT	173
4.15	Representación lineal del concepto y prueba del producto, en el caso	176
4.16	Concepto y prueba del producto, en el caso	177

I. INTRODUCCION

Innovación es un término económico o social más que un término técnico, es el instrumento específico del emprendedor... el acto que dota a los recursos, con una nueva capacidad para crear riqueza (Drucker, 1985). Este acto implica la conversión y aplicación del conocimiento para lograr un cambio, una transformación hacia algo no solamente novedoso, sino necesariamente valioso. La definición de la Fundación para la Innovación Tecnológica de España (COTEQ, 2004), recoge apropiadamente este hecho:

“Innovación es todo cambio, basado en conocimiento, que genera valor”

En los últimos 30-35 años se han desarrollado diversos enfoques sobre el proceso de innovación que son categorizados en cinco generaciones de pensamiento (Dodgson et al, 2008), enfoques que han destacado la influencia relativa de la tecnología y del mercado, a partir de conceptos tales como el *empuje de la tecnología* y el *jalón del mercado*. Ambos elementos, la tecnología y el mercado se han considerado intrínsecamente asociados a la innovación y los enfoques recientes los han enriquecido al reconocer la necesidad de la colaboración dentro de la empresa y con otras empresas, con esquemas cada vez más abiertos a fuentes externas de ideas, conocimientos y rutas hacia el mercado, Chesbrough (2003) se refiere a esto como *innovación abierta*.

La concepción de nuevas ideas es el punto inicial del proceso de innovación; la etapa del proceso mediante la cuál se convierten las ideas en algo nuevo y tangible, mediante la aplicación del conocimiento, es una invención. A partir de esta etapa, las invenciones requieren del trabajo de muchas personas con diferentes especialidades para convertirlas en productos y llevarlos al mercado. Es el proceso completo el que representa la innovación, un proceso con un número de características distintivas que tienen que ser gestionadas (Trott, 2012).

El valor económico y social de la innovación puede originarse de diversas maneras, sin embargo, los nuevos productos son la manifestación más visible de la innovación. En las empresas se han implantado procesos y prácticas que promueven el desarrollo de nuevos productos (DNP en adelante), utilizando metodologías que han sido perfeccionadas a través de los años y han probado ser efectivas. La mayor actividad de DNP en las empresas está dirigida a la mejora de productos existentes, en efecto, la gran mayoría de los llamados nuevos productos son variaciones de formatos existentes. Solo el 10% de todos los nuevos productos son realmente innovadores (Booz, Allen and Hamilton, 1982, citado por Cooper, 1988). Estos representan el mayor riesgo por que son nuevos para la empresa y nuevos para el mercado; son comúnmente productos resultantes de un significativo desarrollo tecnológico (en adelante DT) previo. La gran mayoría de las empresas parece ignorar o desestimar este hecho y utilizan modelos para DNP que no toman en cuenta la necesidad de un DT (Cooper, 2006).

La gestión en el DNP ha evolucionado a partir de los modelos de etapas departamentales, donde cada departamento es responsable de realizar las tareas que corresponden a su función, antes de pasar el proyecto al siguiente departamento. Los modelos multifuncionales o en equipos, han mejorado la gestión al facilitar la comunicación mediante un equipo multidisciplinario dedicado al proyecto. Los modelos de decisión por etapas, que representan el proceso de DNP como una serie de decisiones que necesitan ser tomadas para progresar en el proyecto, son los más utilizados actualmente. Finalmente los modelos de redes representan el pensamiento más reciente en la materia al considerar al DNP como un proceso de acumulación del conocimiento desde una variedad de entradas (Trott, 2012).

La mayoría de los modelos son lineales y parten de un concepto que requiere ser probado previamente al desarrollo del producto. El modelo de decisión por etapas, en particular, induce la urgencia de avanzar tomando las decisiones que lleven rápidamente a la implementación. Por otra parte, los modelos de redes sugieren que el concepto del producto evoluciona a medida que el conocimiento se construye

gradualmente en el tiempo, según progresa el proyecto desde una idea inicial, generada a partir de una oportunidad de mercado o a partir de una tecnología disruptiva (Nonaka y Takeuchi, 1995). Entre los modelos lineales y los modelos de redes, existe una marcada distinción entre las etapas de planeación y de implementación, en donde la prueba del concepto de producto es el parte-aguas que divide ambas etapas. Esta prueba es un requisito indispensable para definir el producto que se va a desarrollar, en sus niveles medular y formal (Kotler, 1995), con todas las implicaciones que conlleva tal desarrollo. Bajo esta perspectiva, el concepto de producto y su prueba proporcionan los elementos necesarios para tomar la decisión más difícil en el DNP: continuar con el proyecto o abortarlo a pesar de todo el tiempo y recursos invertidos.

Los modelos de innovación y DNP continúan evolucionando en la medida que reconocen e incorporan las diferencias con los proyectos de DT y se enriquecen con la aparición de nuevas tendencias y manifestaciones como resultado de la interacción entre desarrolladores y usuarios y por la influencia relativa de tecnologías y mercados cada vez más sofisticados, lo que hace más complejo el fenómeno de la definición y prueba del concepto y obliga a plantearse la siguiente interrogante: ¿Cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto?

Con el propósito de responder a esta interrogante se analiza un proyecto realizado, desde 1988 a la fecha, por investigadores de CIATEQ, A.C., en colaboración con los usuarios y apoyados por investigadores de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Querétaro (en adelante UAQ). La unidad de análisis es el proyecto de DT conocido como: *“Desarrollo de un equipo de extrusión para producir alimento para ganado, a partir de los residuos agrícolas de las cosechas”*. Con este DT, se pretende promover la producción de alimento para ganado a partir de la biomasa, cuando abunda, y almacenar el alimento para utilizarlo posteriormente en las épocas de sequía.

La investigación de tesis se realizó entre marzo y octubre del año 2013 mediante la metodología del estudio de caso (Yin,1991). Se analizaron cronológicamente los eventos y las actividades realizadas por el grupo de investigadores responsables del DT y su interacción con los usuarios potenciales. Como resultado del trabajo de investigación de tesis, se percibe la necesidad de aportar elementos para: 1) un mejor entendimiento del proceso de DNP, distinguiéndolo del proceso de DT, 2) rescatar la importancia, que en el proceso tiene, la definición del concepto de producto y su prueba, y 3) seleccionar de entre los modelos y metodologías existentes el más apropiado a las circunstancias de cada proyecto. De esta manera, se plantea la siguiente proposición:

El concepto del producto evoluciona por la interacción y colaboración entre los desarrolladores de la tecnología y los usuarios. Esta interacción genera y convierte el conocimiento necesario para la definición del concepto, frecuentemente diferente a la originalmente planteada.

La investigación de tesis ha permitido observar el fenómeno de un DT que se genera a partir de un concepto de producto que evoluciona y se transforma durante el desarrollo mediante una experimentación continua y una interacción constante entre los desarrolladores tecnológicos y los usuarios potenciales. El conocimiento que ha sido necesario construir y la manera en que este conocimiento se fue convirtiendo durante el DT permitió redefinir y probar el concepto del producto hasta una etapa previa a su lanzamiento. El caso estudiado se apega a la teoría del modelo de redes que contempla el proceso de DNP como la acumulación del conocimiento desde una variedad de entradas. La necesidad de avanzar gradualmente en el desarrollo, ajustándose a los recursos disponibles en plazos inciertos, ha permitido invertir más tiempo en la planeación, evitando la presión propia de los modelos de decisión por etapas que obligan a avanzar tomando las decisiones que llevan rápidamente a la implementación. Finalmente la investigación de tesis proporciona una referencia clara para abordar la necesaria distinción entre el tradicional proceso de DNP y el proceso de DT como requisito previo.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este capítulo se revisan los temas más relevantes acerca de la innovación y su influencia en los contextos económico y organizacional. Se enfatiza la importancia de los nuevos productos, los modelos y procesos que son utilizados para su desarrollo. Se profundiza en el concepto del producto y su prueba y como influyen la experimentación, la creación, la conversión del conocimiento y la participación de los usuarios en la concepción y desarrollo del producto.

Innovación, conceptos y definiciones

Los nuevos productos, los nuevos métodos de producción, las nuevas fuentes de abastecimiento, la explotación de nuevos mercados y nuevas maneras de organizar los negocios son el impulso fundamental que mantiene a la actividad económica en constante cambio (Schumpeter, 1942). Esta cita sugiere que la novedad y el cambio son ingredientes necesarios para mantener e impulsar la economía, ingredientes esenciales para la innovación. La abrumadora mayoría de las innovaciones exitosas explotan el cambio, por lo que pareciera ser que la oportunidad es el catalizador necesario para que ocurra el proceso de la innovación.

Drucker (1985) argumenta que la innovación sistemática consiste en la búsqueda útil y organizada de cambios y el análisis sistemático de las oportunidades que tales cambios pudieran ofrecer para la innovación económica o social y propone el monitoreo de siete fuentes para la oportunidad innovadora, los primeros cuatro dentro del ámbito de la empresa: 1) lo inesperado, 2) lo incongruente, 3) necesidades del proceso, 4) cambios en la estructura de la industria o del mercado; los tres restantes implican cambios fuera de la empresa o la industria: 5) la demografía, 6) cambios en percepciones, humor o significado y 7) el conocimiento nuevo, tanto científico como no científico. El orden para la oportunidad innovadora en que se citan estas fuentes, no es arbitrario, están listadas en orden descendente de confiabilidad y predictibilidad. Contrariamente a la creencia, casi universal, Drucker afirma que el

conocimiento nuevo, especialmente el conocimiento científico, no es la fuente más confiable o más predecible de innovaciones exitosas.

Drucker puede tener razón en cuanto a que el conocimiento, como fuente de oportunidad para la innovación, puede no ser la más confiable, sin embargo, la creencia común, en contrario, seguramente se deriva del hecho de que la aplicación del conocimiento está necesariamente presente en todo tipo de innovaciones. La definición de Fundación para la Innovación Tecnológica de España (COTEC, 2004), destaca apropiadamente este hecho:

“Innovación es todo cambio, basado en conocimiento, que genera valor”.

Esta breve definición resume la esencia de la innovación: cambio, conocimiento y valor. El cambio implica novedad, transformación, nuevas maneras de hacer las cosas. La transformación hacia algo mejor implica el uso del conocimiento, o más bien, de todos los conocimientos disponibles y útiles para lograr el propósito. Estos dos primeros elementos son claros para la mayoría de las personas pero probablemente el último elemento, el valor, sea el menos entendido ya que con frecuencia se habla de innovación por que se logra algo novedoso, pero no necesariamente valioso.

Las oportunidades de innovar, más allá de productos y servicios, han ampliado el concepto y vemos cada vez con mayor frecuencia manifestaciones de la innovación organizacional, en modelos de negocio y en modelos de relaciones (Alba, M., 2009). Sin embargo, la innovación tecnológica está siempre presente en todas las manifestaciones innovadoras. La innovación tecnológica, entendida como la aplicación del conocimiento para generar valor, puede ser acompañada por cambios administrativos y organizacionales frecuentemente referidos también como innovaciones. Se comienza así a ampliar el concepto de innovación, más allá de la de productos, servicios y procesos, para incluir virtualmente cualquier cambio organizacional o administrativo.

Costello y Donellan (2008) refieren el detallado análisis realizado por McInerney en 2004, acerca de las definiciones de innovación tecnológica, publicadas desde 1960, a las que se adicionó la definición más temprana de Schumpeter, en reconocimiento a su significativa contribución al estudio de la innovación. Un análisis del contenido de las definiciones en la literatura fue realizado mediante la conversión de las definiciones centradas en los autores a un formato matricial, centrado en conceptos, para identificar los más comunes. Como corolario a su análisis, Costello y Donellan concluyen de la comparación de las definiciones con la definición original de Schumpeter, que mientras más se cambia más es la misma cosa.

El Manual de Oslo (2005), en su tercera edición recupera formalmente los conceptos mediante la siguiente definición amplia de innovación:

Una innovación tecnológica de producto es la implementación/comercialización de un producto con características mejoradas en su desempeño para la entrega objetiva al consumidor de nuevos o mejorados servicios. Una innovación tecnológica de proceso es la implementación/adopción de nuevas o significativas mejoras en producción o métodos de entrega. Esto puede implicar cambios en equipamiento, recursos humanos, métodos de trabajo o una combinación de todos ellos.

La mayoría de los autores, aún bajo diversas perspectivas, definen a la innovación como un proceso:

El proceso en el cuál las formas actuales de hacer las cosas son destruidas para ser reemplazadas por nuevas formas. (Schumpeter, 1942)

La innovación es mucho más que simplemente encontrar nuevas ideas, es el proceso de transformarlas en algo de uso práctico. Thomas Alva Edison (citado por Adkins, 2009)

Innovación es el proceso de transformar conocimiento en algún tipo de valor reconocido. (Nieto, 2010)

La innovación no es una simple acción sino un proceso total de subprocesos inter-relacionados. No es sólo la concepción de una nueva idea ni la invención de un nuevo dispositivo, ni el desarrollo de un nuevo mercado. El proceso es todas estas cosas actuando de una manera integral. (Myers y Marquís , 1969)

Pervaiz, et al (2012) señalan que la innovación de productos es la manifestación más visible de la innovación. Es común encontrar que se manejen indistintamente los conceptos y así al referirse a un proceso para DNP se hable de un proceso de innovación. Trott (2012) al definir la innovación como un proceso de gestión ofrece una clara distinción entre una innovación y un producto ya que este último es propiamente el resultado de la innovación.

Innovación es la gestión de todas las actividades involucradas en el proceso, desde la generación de la idea, del desarrollo tecnológico, de la manufactura y de la mercadotecnia de un nuevo (o mejorado producto) o proceso de manufactura o equipo.

La innovación no es invención, el término invención describe el momento clave de una revelación, los conceptos que evoca y su representación tangible. La innovación es el proceso de transformar la invención en algo que es comercialmente útil y valioso. Es cierto que la innovación está relacionada con la invención, pero no son algo que puede ser equivalente, por lo que es importante establecer claramente sus significados. Así, invención es la concepción de la idea, mientras que innovación es el subsecuente traslado de la invención al mercado. La siguiente ecuación simple ayuda mostrar las relaciones entre los dos términos:

Innovación = concepción teórica + invención técnica + explotación comercial

La concepción de nuevas ideas es el punto inicial de la innovación, una nueva idea por si misma aunque es interesante, ni es una invención ni es una innovación, es simplemente un concepto, un pensamiento o una colección de pensamientos. El proceso de convertir los pensamientos en algo nuevo y tangible, usualmente un prototipo, es una invención. Un invento no es producto de la casualidad, sino el

resultado de la aplicación sistemática de las habilidades del pensamiento que, de manera consciente o inconsciente, se sintetiza en un proceso que, aplicado adecuadamente resuelve un problema (García y Segura, 2005). Aquí es donde la ciencia y la tecnología comúnmente juegan un papel significativo. En esta etapa, las invenciones necesitan ser combinadas con un duro trabajo de muchas diferentes personas para convertirlas en productos que mejorarán el desempeño de la compañía; las últimas actividades representan la explotación. Sin embargo, es el proceso completo el que representa la innovación. La definición de Trott, antes referida, introduce la noción de que la innovación es un proceso con un número de características distintivas que tienen que ser gestionadas.

Esta breve introducción a la innovación aporta el contexto necesario para encontrar explicaciones acerca de las múltiples influencias que en la innovación tienen una amplia variedad de disciplinas, con el propósito de mostrar, primeramente en este capítulo, la influencia de la tecnología y la innovación en el crecimiento económico. Después se contempla a la innovación desde el contexto organizacional para entender como los recursos y capacidades de la empresa influyen en su desempeño innovador. Luego se describen los tipos de innovación y los modelos de innovación y las manifestaciones más recientes en el tema. La segunda parte de este capítulo, se centra en la revisión de los modelos para el DNP y se contrasta con el DT. Se revisan las tecnologías clave para el desarrollo y las tendencias actuales. La tercera parte introduce el tema central de la tesis: el concepto del producto y su definición, el papel de los usuarios en el desarrollo del concepto y en su prueba.

Teoría de la innovación

La teoría de la innovación no tiene sus raíces en una única disciplina o escuela de pensamiento. Más bien los hilos conceptuales son extraídos de una variedad de disciplinas académicas y áreas de investigación tales como la economía de los rendimientos crecientes, la economía del comportamiento, análisis de las escuelas de negocios acerca de la ventaja competitiva, análisis de los sistemas

nacionales y regímenes socio-técnicos. Los enfoques teóricos han evolucionado considerablemente desde los modelos lineales propuestos en la primera mitad del siglo XX hasta las más recientes perspectivas sistémicas (Mawhood et al, 2013).

En realidad no existe una sencilla y unificada teoría de la innovación, sino que se encuentran explicaciones parciales, desde la economía, la ciencia política, la sociología, la geografía, los estudios organizacionales, la psicología, la estrategia de negocios y por otro lado desde “estudios de la innovación” que se nutren de todas estas disciplinas, lo que es de esperarse, dadas estas múltiples influencias, maneras y resultados sobre la innovación. La utilidad relativa de las variadas teorías dependerá del asunto que en particular se explora, desde la psicología pueden ser más útiles cuando el sujeto es un innovador individual, las estrategias de negocio cuando es una innovación organizacional y la economía cuando es una innovación con implicaciones a sistemas regionales o nacionales. Es importante considerar teorías de la innovación no únicamente para explorar asuntos contemporáneos significativos sino también para iluminar su uso futuro para ayudar a tratar las mayores preocupaciones económicas, sociales y medio-ambientales.

En años recientes ha habido la emergencia de un número de perspectivas que comparten una base común en sus teorías de innovación. Estas incluyen a la economía evolutiva y a las capacidades dinámicas. La primera ve a la innovación y al crecimiento económico como resultado de la evolución conjunta de las tecnologías, de las estructuras de la empresa y de la industria y de las instituciones de soporte y gobierno (Nelson, 2007). La segunda enmarca la estrategia de negocios con una visión con la que pretende explicar qué recursos y capacidades pueden ser fuentes de ventajas competitivas y bajo qué condiciones (Medina, 2005).

El reto para cualquier teoría acerca de la innovación es que tiene que explicar un fenómeno empírico que está disfrazado de diferentes maneras. También debe abarcar su complejidad, dinamismo e incertidumbre frecuentemente agravado por la manera en que la innovación resulta de la contribución de muchas partes con agendas frecuentemente divergentes y en ocasiones no completamente establecidas. De esta

manera la innovación tiene propiedades divergentes: resulta de un proceso colectivo cuyos resultados pueden no ser conocidos o esperados.

La *economía evolutiva*, con sus legados *Schumpeterianos*, ve al capitalismo como un sistema que produce continuamente variedad en las nuevas ideas, empresas y tecnologías creadas por emprendedores y por las actividades innovadoras de grupos de investigación. Las decisiones tomadas por los consumidores y al interior de las organizaciones y gobiernos seleccionan dentro de esta variedad. Algunas elecciones son exitosamente propagadas y son completamente desarrolladas al interior de nuevas organizaciones, negocios y tecnologías que proveen las bases y recursos para inversiones futuras para crear la variedad. Mucho de la variedad y selecciones que ocurren son disruptivas o fallan al ser propagadas, de manera que el desarrollo evolucionario de la economía es tipificado por significativas incertidumbres y fallas.

Por su parte, la teoría de las *capacidades dinámicas* incluye la manera en que las empresas buscan, seleccionan, configuran, despliegan y aprenden de las innovaciones. Se enfocan en las destrezas, los procesos y estructuras organizacionales, que crean usan y protegen los intangibles y dificultan la replicación de los activos tales como el conocimiento. Este enfoque a la estrategia refleja el dinamismo continuo de la tecnología, los mercados y las organizaciones donde la capacidad para percibir las amenazas y darse cuenta de las oportunidades, cuando la información está constreñida y las circunstancias son impredecibles, es la clave para la ventaja competitiva sustentable. Estas explicaciones teóricas de la innovación comprenden complejidad y circunstancias emergentes. Incorporan la confusa realidad organizacional de la innovación encontrada en economías donde hay un constante cambio y adaptación y cuando las estrategias de las empresas son frecuentemente experimentales.

La innovación y el crecimiento económico

Desde hace tiempo se ha argumentado que la innovación es el motor del crecimiento, ha sido un tópico en discusión y debate por cientos de años. En el siglo XIX los historiadores económicos observaron que la aceleración en el crecimiento económico era resultado del progreso tecnológico, sin embargo, fue escaso el esfuerzo orientado a entender como los cambios en la tecnología contribuyeron a dicho crecimiento. En el siglo XX, Schumpeter (1934, 1939, 1942) fue de los primeros economistas en enfatizar la importancia de los nuevos productos como un estímulo al crecimiento económico. Argumentó que la competencia que daban los nuevos productos era mucho más importante que los cambios marginales en los precios de los productos existentes. Por ejemplo, las economías son más propensas a experimentar crecimiento debido al desarrollo de productos tales como un nuevo software de cómputo o nuevas drogas farmacéuticas que el ocasionado por las reducciones en precios de los productos existentes, tales como teléfonos o autos. En efecto, las primeras observaciones sugerían que el desarrollo económico no ocurría de una manera regular sino que parecía ocurrir en *explosiones u oleadas* de actividad, indicando así la influencia importante de factores externos en el desarrollo económico.

Considerando como punto de partida la revolución industrial, ha sido posible identificar olas históricas de intenso cambio tecnológico (revoluciones tecnológicas) caracterizadas por un rápido crecimiento económico y oportunidades de cambios sociales radicales (Freeman y Perez 1988, citado por Dodgson et al, 2008), estas revoluciones, vistas como cambios en los paradigmas tecno-económicos, dependen de las innovaciones tecnológicas que dan soporte mutuo a agrupamientos industriales, acompañadas por innovaciones sociales en áreas que van desde la organización y la gestión hasta lo fiscal y laboral. La figura 1, ilustra estas olas históricas en una forma simplificada y describen las industrias clave asociadas con cada ola. Industrias clave tales como algodón, el acero, el petróleo y las tecnologías de información y comunicación se han tipificado por una continua reducción de costos, proveeduría rápidamente disponible e impacto a través de amplias áreas de la economía. De acuerdo a esta teoría estamos actualmente en la quinta ola de desarrollo tecnológico, la ola de las tecnologías de la información y las

comunicaciones, con la microelectrónica como el mayor factor de la industria. Se especula que estamos entrando a la sexta ola, la ola de las ciencias de la vida con la biotecnología como factor clave.

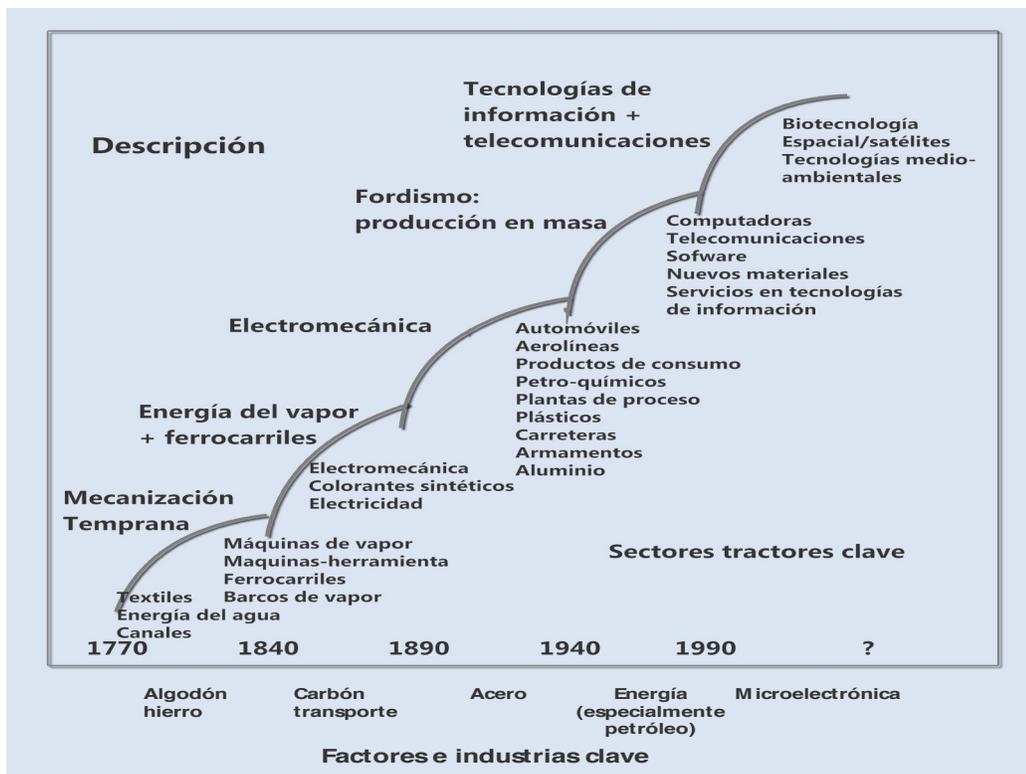


Figura 1.1.- Olas de desarrollo tecnológico 1770-1990
Fuente: Dodgson et al, (2008)

Esta visión macro de la innovación como algo cíclico, puede remontarse a mediados del siglo XIX. Fue Marx quien primero sugirió que la innovación podría estar asociada con olas de crecimiento económico, desde entonces otros como Schumpeter, Kondratieff, Albernathy y Utterback, han argumentado acerca de la teoría de las olas de crecimiento e innovación. La visión de la teoría del crecimiento económico que tenía Kondratieff estaba en conflicto con la teoría de Marx. Marx sugería que las economías capitalistas eventualmente declinarían mientras que Kondratieff argumentaba que podrían experimentar olas de crecimiento y declinación (Dodgson, et al 2008). Por su parte, Albernathy, y Utterback (1978) sostenían que con el nacimiento de cualquier sector industrial se presenta una *innovación radical de productos*, seguida por una *innovación radical en procesos de producción*, seguida a

su vez por un amplio despliegue de innovaciones incrementales. Esta visión fue alguna vez popular y parecía reflejar los ciclos de vida de muchas industrias. Falló, sin embargo, en ofrecer alguna comprensión acerca de *cómo* alcanzar el éxito innovador.

Después de la Segunda Guerra Mundial los economistas comenzaron a tomar cada vez mayor interés en las causas del crecimiento económico (Harrod,1949; Domar,1946). Una de los más importantes influencias en la innovación parecían ser la investigación y desarrollo industrial. No en balde durante la guerra la investigación y desarrollo militar habían producido significativos avances tecnológicos e innovaciones aeroespaciales, en las comunicaciones y en nuevas armas. Siguió un período de rápido crecimiento en el gasto en investigación y desarrollo de los países, pero los economistas pronto encontraron que no hay una correlación directa entre el gasto nacional en investigación y desarrollo y las tasas nacionales de crecimiento económico. Quedó así claro que las interrelaciones eran más complejas de lo que se pensó en un principio. Había la necesidad de entender *como* la ciencia y la tecnología afectaban el sistema económico. El enfoque de la economía neo-clásica no ofrecía explicación alguna.

La economía neo-clásica se asocia a la teoría del crecimiento económico que explica cómo los ahorros, las inversiones y el crecimiento responden al crecimiento de la población y al cambio tecnológico. La tasa de cambio tecnológico tiene influencia en la tasa de crecimiento económico pero el crecimiento económico no influencia el cambio tecnológico. Mas aún, el cambio tecnológico es determinado por la oportunidad. Así el crecimiento poblacional y el cambio tecnológicos son exógenos.

Una serie de estudios de la innovación fueron emprendidos en los años 1950's y se concentraban en las características internas del proceso de innovación dentro de la economía. La característica relevante de estos estudios fue que adoptaron una aproximación trans-disciplinaria incorporando la economía, el comportamiento organizacional, los negocios y la administración. Los estudios contemplaron: 1) la generación de conocimiento nuevo, 2) la aplicación de este

conocimiento al desarrollo de productos y procesos, 3) la explotación comercial de esos productos y servicios en términos de generación de ingresos financieros. En particular, estos estudios revelaron que las empresas se comportaban de manera diferente (Simon, 1957, Woodward, 1965, Carter y Williams, 1957). Esto condujo al desarrollo de un nuevo marco teórico que pretendía explicar *cómo* las empresas gestionan la generación y la aplicación del conocimiento al desarrollo de productos y procesos y la explotación comercial de estos y *porque* algunas empresas parecían ser más exitosas que otras. La investigación al interior de la gestión del negocio y la estrategia, se enfocó en aquellas diferencias y las decisiones a las que deben conducir. Las actividades que tienen lugar dentro de la empresa que le permiten desempeñarse sensiblemente mejor que otra dadas las mismas condiciones económicas del mercado, han sido el foco de un mucho mayor esfuerzo en investigación desde los años 1960's. Los estudios posteriores confirmaron estos hallazgos iniciales y revelaron diferencias significativas en las características organizacionales (Myers y Marquís 1969, Burns y Stalker 1961, Cyert y March 1963). Por lo tanto, el nuevo marco pone mayor énfasis en la empresa y sus actividades internas de lo que había sido previamente estudiado. La empresa y *como* utiliza sus recursos era ahora vista como la influencia clave en la innovación.

La innovación en el contexto organizacional

En la economía neo-clásica la teoría tiende a concentrarse en la industria o en el comportamiento amplio de la economía, tiende a ignorar las diferencias entre las empresas dentro de la misma línea de negocios. Cualquier diferencia se asume que refleja las diferencias en el ambiente de mercado que la organización enfrenta. La visión *Shumpeteriana* contempla a la empresa de manera diferente, es la manera en que las empresas manejan sus recursos y las capacidades que con el tiempo desarrollan lo que tiene influencia en su desempeño innovador. El énfasis variable, puesto por las diferentes disciplinas, para explicar como ocurre la innovación, se enmarca integralmente en la figura 1.2. Está visión general del proceso de innovación

incluye una perspectiva económica, una estrategia en la gestión de negocios y un comportamiento organizacional que pretende ver todas las actividades internas.

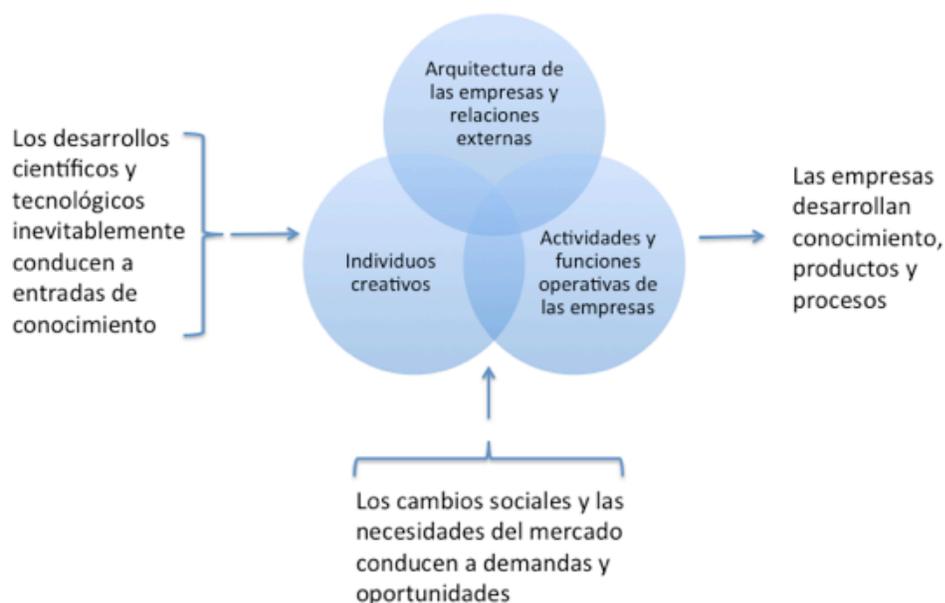


Figura 2.- Visión General del Proceso de Innovación

Figura 1.2.- Visión general del proceso de innovación
Fuente: Trott, 2008

Esta visión reconoce que las empresas desarrollan relaciones con otras empresas y comercian, compiten y cooperan unas con otras. Adicionalmente, reconoce que las actividades de los individuos dentro de la empresa, también afectan el proceso de innovación. La arquitectura organizacional única de cada empresa representa la manera en que se ha construido por sí misma través del tiempo. Esto comprende su diseño interno, incluyendo sus funciones y la relación que ha construido con los proveedores, los competidores, clientes, etc. Este marco de referencia reconoce que estos han tenido un considerable impacto en el desempeño innovador de la empresa, así también lo han tenido los directivos, sus funciones individuales y la de sus empleados.

Durante el siglo XX el debate respecto a la innovación y lo que contribuye al desempeño innovador ha sido igual que lo que fue cien años antes, sin embargo, este debate ha permitido progresar en el entendimiento de la gestión de la innovación. Schumpeter argumentó que las empresas modernas equipadas con laboratorios de investigación y desarrollo han venido a ser los actores centrales de la innovación. Desde sus trabajos otros han contribuido al debate (Chandler, 1962; Nelson y Winter, 1982; Cohen y Levinthal, 1990; Prahalad y Hammel, 1990; Pavitt 1990; Patel y Pavitt 2000). Esta teoría emergente Schumpeteriana o revolucionaria acerca de las capacidades dinámicas de la empresa está teniendo un impacto significativo en el estudio de los negocios y de la gestión de los mismos hoy en día. El éxito en el futuro, como en el pasado, seguramente residirá en la habilidad de adquirir y utilizar conocimiento y aplicarlo al desarrollo de nuevos productos. Descubrir como hacerlo, sigue siendo uno de los más relevantes problemas de la administración.

Tipos de innovación

Cualquier innovación se basa en el uso de conocimiento para crear valor económico. Hasta hace poco solo se consideraban origen de innovación los conocimientos derivados de las ciencias duras, pero se ha hecho evidente que también las ciencias humanas y socioeconómicas dan oportunidades de generar valor. Hoy se habla de innovación en sentido amplio cuando se intenta conceptualizar y explicar cómo las empresas aprovechan todo tipo de conocimiento para aumentar su competitividad. La innovación industrial no solamente incluye innovaciones mayores, radicales, sino también innovaciones menores, incrementales, avances tecnológicos.

La introducción de la *tecnología disruptiva* que dio origen a la cámara digital, invariablemente resultó en sustanciales cambios en la organización interna. En este caso los cambios sustanciales ocurrieron en la manufactura, en la mercadotecnia, en las ventas. Las empresas líderes en el mercado de los tradicionales rollos de película de 35 mm., Kodak y Fuji decidieron concentrarse en el mercado que se estaba desarrollando rápidamente en la fotografía digital. Tal estrategia implicó decisiones y cambios en todas las áreas del negocio, por ejemplo, la función de manufactura tuvo

que eliminar sustancialmente la producción de rollos de 35 mm ya que existían oportunidades de manufactura y producción de cámaras digitales y su equipo asociado. Similarmente la función de mercadotecnia tuvo que emplear grupos complementarios de ventas para educar y asegurarse que en las tiendas la nueva tecnología no canibalizaría su negocio de procesamiento de películas ya que mientras que mucha gente podría empezar a imprimir en casa sus fotografías desde sus propias computadoras, muchas otras continuarían prefiriendo sus cámaras digitales pero con películas procesadas en los laboratorio fotográficos. Para Kodak y Fuji la nueva tecnología había cambiado radicalmente la industria fotográfica. Ambas empresas vieron como sus ingresos por ventas de rollos de película se derrumbaron. Kodak y Fuji ahora son líderes en el mercado de cámaras digitales, un mercado que no tenían antes. El ejemplo ilustra como la *innovación tecnológica* puede ser acompañada por cambios administrativos y organizacionales frecuentemente referidos también como innovaciones. Se amplía la definición de innovación para incluir virtualmente cualquier cambio organizacional o administrativo.

Tipo de innovación	Incluye
De producto o servicio	Las innovaciones que inciden en la propuesta de valor de una empresa a sus clientes
De proceso	Las innovaciones que inciden en la forma que tiene una empresa de hacer las cosas tanto interna como externamente
Organizacional y administrativa	El modelo organizacional de la empresa y las innovaciones que inciden en el modelo de gestión de personas y procesos administrativos
En modelos de relación	Incluye todas las innovaciones que inciden en la forma que tiene una empresa de relacionarse con su entorno (clientes, proveedores, sociedad, etc.)
En modelos de negocio	Todas las innovaciones o cambios en el modelo de negocio con el que la empresa desarrolla su actividad. Implica normalmente cambios simultaneos y combinados de los otros cuatro ejes de la innovación.

Tabla 1.1.- Tipos de innovación Fuente: Alba, (2009)

Desde una perspectiva tecnológica una manera útil de representar los tipos de innovación se muestra en la figura 1.3. En ella, dos dimensiones críticas son utilizadas para delinear los varios niveles o grados de innovación. La innovación del producto puede ser contemplada por su dimensión “Capacidad Tecnológica” o por su dimensión “Capacidad del Producto”. La primera dimensión se refiere al grado que para el producto implica mejorar sus capacidades tecnológicas, es decir, la manera en que las funciones del producto son realizadas más allá de los límites existentes. Los productos discontinuos implican capacidades avanzadas que no existen en productos actuales y no pueden ser alcanzados mediante extensiones de tecnologías existentes. La dimensión de la “Capacidad del Producto” se refiere a los beneficios del producto como son percibidos y experimentados por el cliente o usuario, Veryzer (1998).

		Capacidad del Producto	
		La Misma	Mejorada
Capacidad Tecnológica	La Misma	<p>Continua</p>	<p>Comercialmente Discontinua</p> <p>Ejemplo: Walkmann de SONY</p>
	Mejorada	<p>Tecnológicamente Discontinua</p> <p>Ejemplo: de TV con tubos al vacío a TV de estado sólido</p>	<p>Tecnológicamente y Comercialmente Discontinua</p> <p>Ejemplo: Computadoras personales</p>

Figura 1.3.- Tipos de innovación de producto
Fuente: Veryzer (1998)

Bajo esta perspectiva de innovación hay esencialmente cuatro tipos o niveles de innovación. El primer tipo abarca productos que utilizan tecnologías existentes y proporcionan los mismos beneficios de los productos existentes. Tales productos son *continuos* tanto en términos de la tecnología empleada, como en la manera en que es

experimentada por los usuarios. Aunque pueden ser nuevos no son muy innovadores. En adición a nuevos *productos continuos*, los nuevos productos pueden ser *discontinuos* respecto a la tecnología, a los beneficios percibidos por el usuario o a ambos. Productos que son percibidos por los usuarios como realmente nuevos independientemente de si utilizan o no nuevas tecnologías, son *comercialmente discontinuos*. Son productos que ofrecen nuevos beneficios, es decir, nueva funcionalidad utilizando tecnologías disponibles. En los casos donde la entrega de nuevos beneficios implica la aplicación de nuevas y significativas tecnologías el producto es *tecnológicamente discontinuo*, además de ser *comercialmente discontinuo*.

Modelos de innovación

En los últimos 10-12 años la literatura acerca de que es y lo que genera la innovación ha tendido a dividirse en dos escuelas de pensamiento: 1) la visión basada en el mercado y 2) la visión basada en recursos. La visión basada en el mercado argumenta que las condiciones de mercado, proporcionan el contexto que facilita o constriñe el grado de actividad innovadora de la empresa. (Porter, 1980, 1985). La clave aquí es por supuesto la habilidad de las empresas para reconocer las oportunidades en el mercado. Cohen y Levinthal (1990) y Trott (1998) argumentan que pocas empresas tienen habilidad para explorar y buscar en su entorno efectivamente. La visión de la *innovación basada en recursos* considera que la orientación de mercado no es una base segura para formular las estrategias de innovación para los mercados que son dinámicos y volátiles. En su lugar, los recursos propios de la empresa proporcionan un contexto mucho más estable en el cual desarrollar la actividad innovadora y conformar así los mercados de acuerdo a su propia percepción (Prahalad y Hammel, 1990). La visión de la *innovación basada en recursos* se focaliza en la empresa y en sus recursos, capacidades y destrezas. Se argumenta que cuando las empresas cuentan con recursos que son valiosos, raros y no fácilmente copiados, pueden alcanzar una ventaja competitiva sustentable, frecuentemente en la forma de nuevos productos innovadores. Después de la

Segunda Guerra Mundial, los economistas estadounidenses defendieron el *modelo lineal* de ciencia e innovación. Desde entonces y debido a su simplicidad, este modelo se ha afirmado en la visión que se tiene sobre como ocurre la innovación. En efecto, este modelo dominó la política científica e industrial por 40 años. No fue sino hasta los años 1980's que las escuelas de administración alrededor del mundo empezaron a desafiar el *proceso lineal y secuencial*. El reconocimiento de que la innovación ocurre a través de la interacción de la ciencia básica (dominada por las universidades y la industria), el desarrollo tecnológico (dominado por la industria) y las necesidades del mercado fue un avance significativo. La explicación de la interacción de estas actividades, forman las bases de los modelos actuales de innovación.

Existe, por supuesto, un gran debate y desacuerdos respecto a que actividades precisas influyen la innovación, y más importante aún, los procesos internos que afectan la habilidad de la empresa para innovar. Sin embargo, hay un amplio consenso en cuanto a que los enlaces entre estos componentes clave, producirán innovaciones exitosas. Desde la perspectiva europea, un área que requiere particular atención son los enlaces entre la ciencia básica y el desarrollo tecnológico, que por muchos años ha sido común en Estados Unidos de Norteamérica. A partir del *modelo lineal*, en los últimos 30 años se han desarrollado diversos enfoques sobre el proceso de innovación que pueden ser categorizados en cinco generaciones de pensamiento. A continuación se hace un breve descripción de tales enfoques.

El enfoque de la primera generación: *el empuje de la ciencia*.- Este enfoque, esquematizado en la figura 1.4, asume que la innovación es un proceso lineal que inicia con un descubrimiento científico y termina con la comercialización de nuevos productos o procesos. Este enfoque es un legado de la Segunda Guerra Mundial, donde se demostró el poder de la ciencia en la forma de una bomba nuclear. Se asumía que inversiones masivas en ciencia producirían mejoras dramáticas en el sector energético, en la industria militar y en medicina. Actualmente, este modelo puede aplicarse en unos cuantos casos, principalmente en la industria farmacéutica.

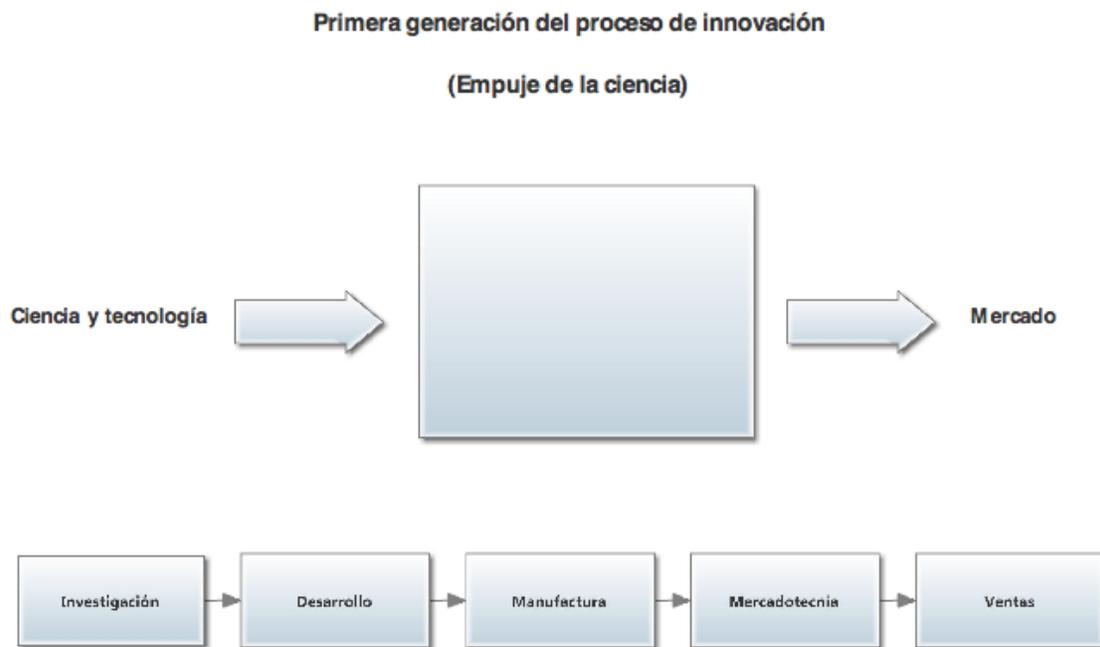


Figura 1.4.- Primera generación del proceso de innovación.
Fuente: Dodgson (2008)

El enfoque de la segunda generación: *el jalón del mercado*.- No fue sino hasta los años 1970's, que nuevos estudios de innovaciones recientes sugerían que el mercado influenciaba el proceso de innovación (von Hippel, 1978). Esto condujo al segundo modelo lineal: *el jalón del mercado*. El modelo, esquematizado en la figura 1.5, percibe las necesidades del cliente como impulsor, enfatiza el papel de la mercadotecnia como un iniciador de nuevas ideas, resultante de la estrecha interacción con los clientes. Estas necesidades, a su vez, son canalizadas a I+D para el diseño y la ingeniería y después a manufactura para su producción. En las industrias de bienes de consumo rápido, el papel del mercado y del cliente permanece poderoso e influyente, El reto en la gestión de este proceso implica inversiones significativas en mercadotecnia.

Segunda generación del proceso de innovación

(Jalón del mercado)

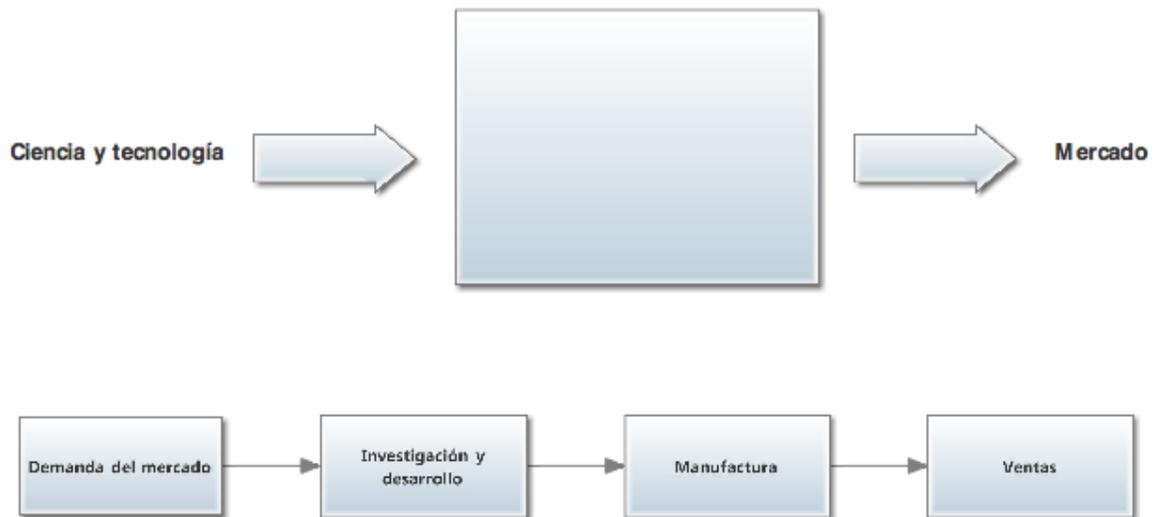


Figura 1.5.- Segunda generación del proceso de innovación
Fuente: Dodgson (2008)

El enfoque de la tercera generación: *el enganche* que integra el empuje de la ciencia con el jalón del mercado.- Los modelos anteriores ofrecen una explicación acerca de *donde* nace el estímulo inicial para la innovación. El modelo del *enganche*, esquematizado en la figura 1.6, es un enfoque que trata de explicar *como* ocurre la innovación. Está centrado en un proceso interactivo en el que la innovación se considera como una secuencia, aunque no necesariamente un proceso continuo. Se enfatiza el efecto de la retroalimentación en ambos sentidos. Las etapas en el proceso se ven separadas, pero interactivas. El reto en la gestión de este proceso implica inversiones significativas en comunicaciones organizacionales cruzadas y en integración.

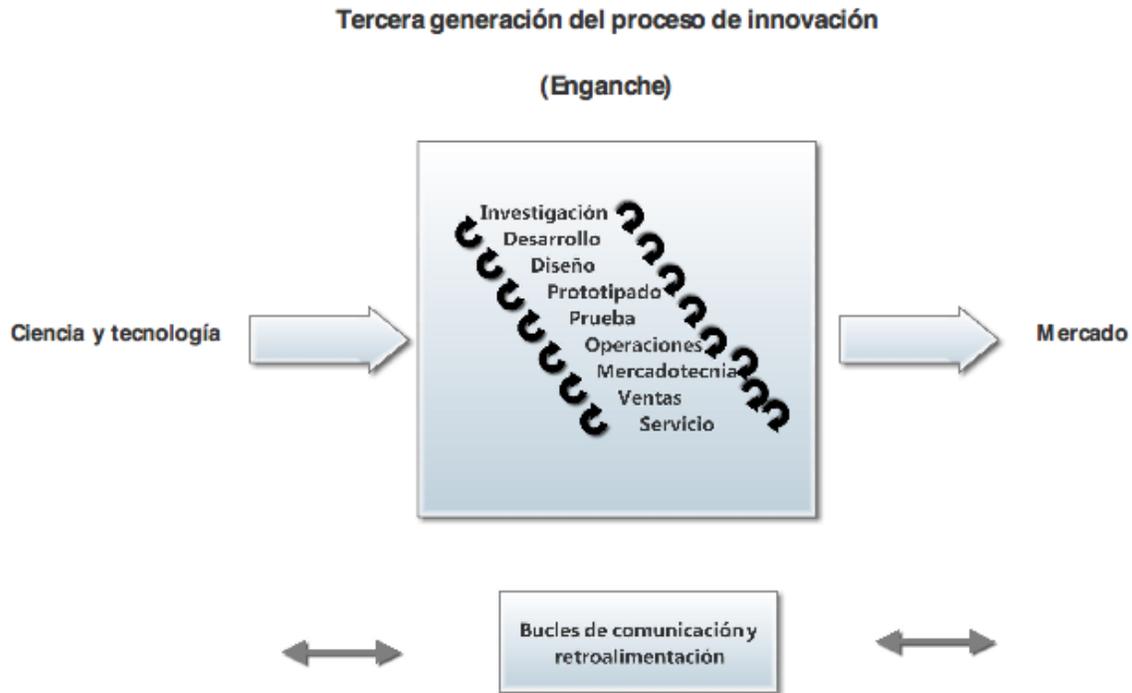


Figura 1.6.- Tercera generación del proceso de innovación
Fuente: Dodgson (2008)

El enfoque de la cuarta generación: *colaborativo o encadenado*.- Este enfoque, esquematizado en la figura 1.7, incorpora procesos de retroalimentación operando dentro de la empresa y con otras empresas. Está caracterizado por un alto nivel de integración entre varios elementos de innovación en la empresa y muestra complejas iteraciones, bucles de retroalimentación, e interrelaciones entre mercadotecnia, I+D, manufactura y distribución. Refleja un entendimiento creciente sobre lo que la innovación implica, más allá de una amplia base de entradas desde la ciencia y el mercado. Muestra apreciación por las prácticas que fomentan la innovación, especialmente las que promueven la fluidez y la organización basada en procesos.

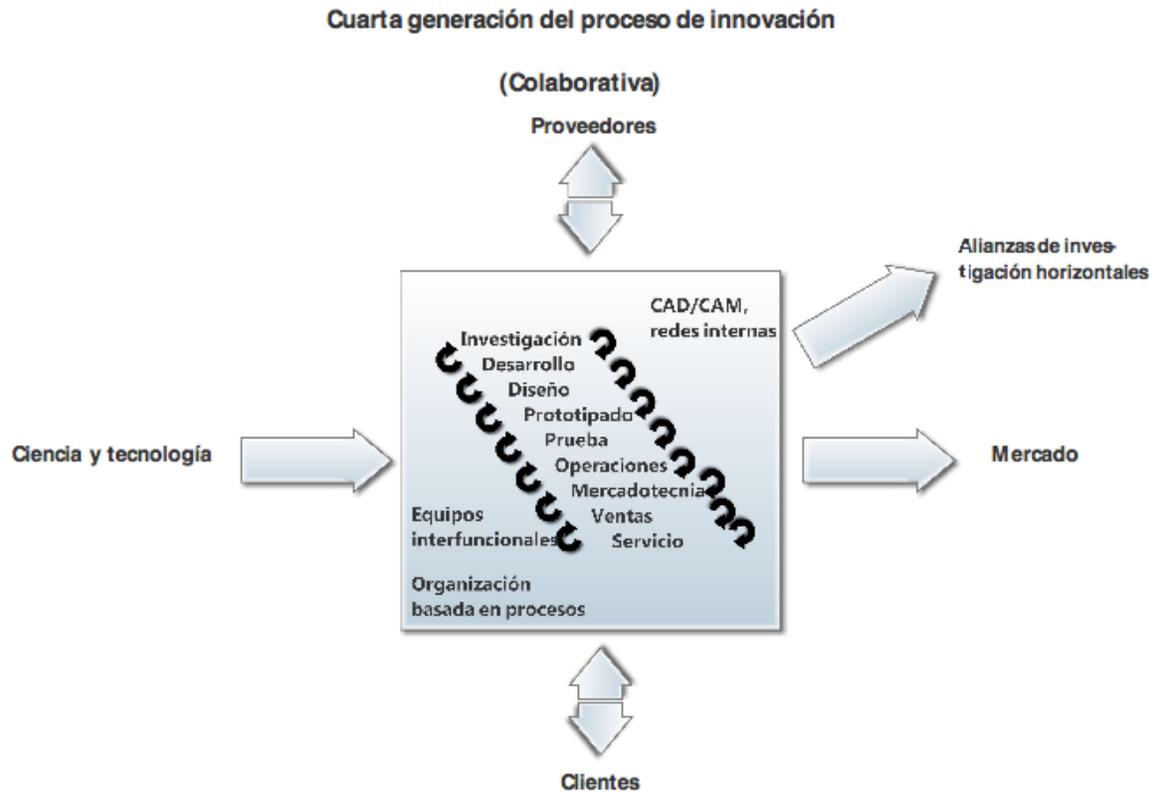


Figura 1.7.- Cuarta generación del proceso de innovación
Fuente: Dodgson (2008)

El enfoque de la quinta generación: *integración estratégica y tecnológica* dentro y fuera de la empresa.- La *integración estratégica y tecnológica* tiene como propósito mejorar la competitividad mediante la puesta rápida en el mercado de nuevos bienes y servicios. Este enfoque, figura 1.8, maximiza la flexibilidad y la responsabilidad para atender mercados impredecibles y turbulentos. Investigación, desarrollo, diseño e ingeniería tienen lugar en iteraciones concurrentes, soportadas por *tecnologías innovadoras* (IvT, Dodgson et al, 2008)). La integración estratégica entre empresas es cada vez más global y ocurre a través de áreas tecnológicas, comerciales y financieras. La integración tecnológica ocurre por *fusión tecnológica* o mediante IvT.

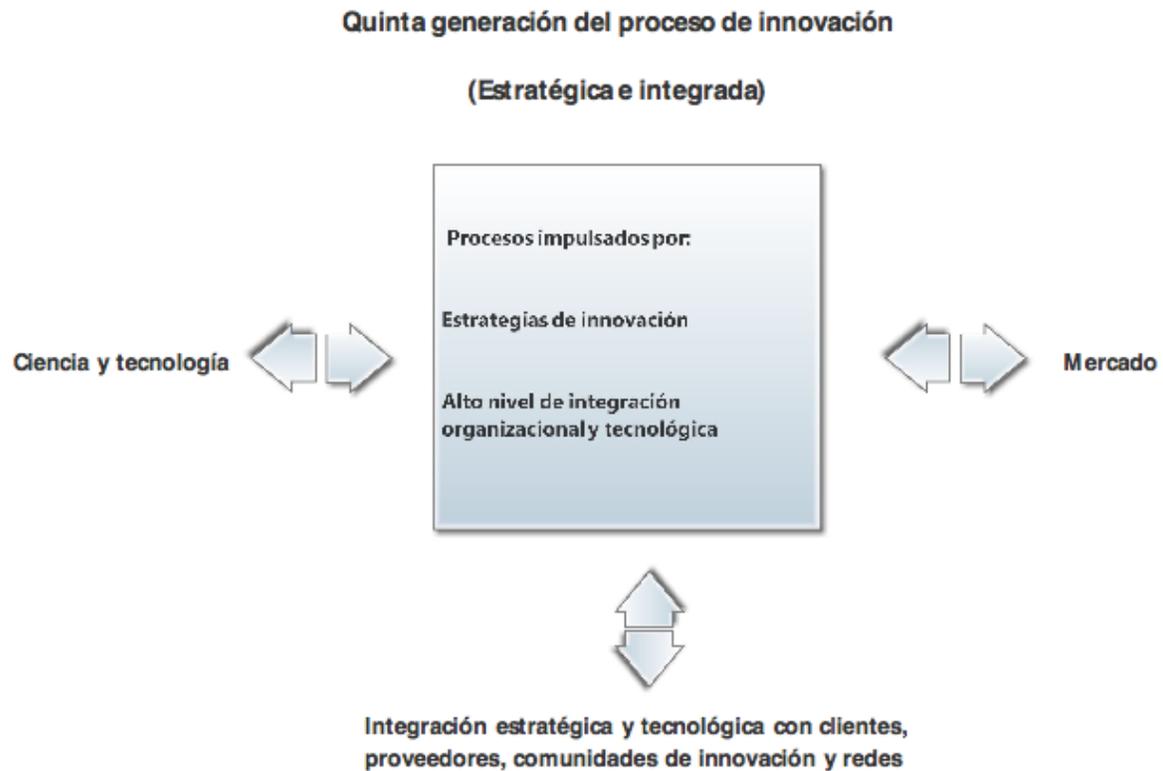


Figura 1.8.- Quinta generación del proceso de innovación
Fuente: Dodgson (2008)

La *fusión tecnológica* es más que una combinación de diferentes tecnologías, es la creación de una nueva tecnología donde el todo es mayor que la suma de las partes, ejemplos: mecatrónica, optoelectrónica, biotecnología. Cada fusión crea nuevos mercados y nuevas oportunidades en la innovación. Las IvT son tecnologías utilizadas para mejorar la velocidad y eficiencia del proceso de innovación de nuevas maneras, ejemplos: realidad virtual, simulación y modelado, prototipos rápidos, manufactura aditiva, química combinatoria, minería de datos.

Innovación abierta (modelo de red).- La innovación ha sido descrita como un proceso de información-creación que surge de la interacción social.

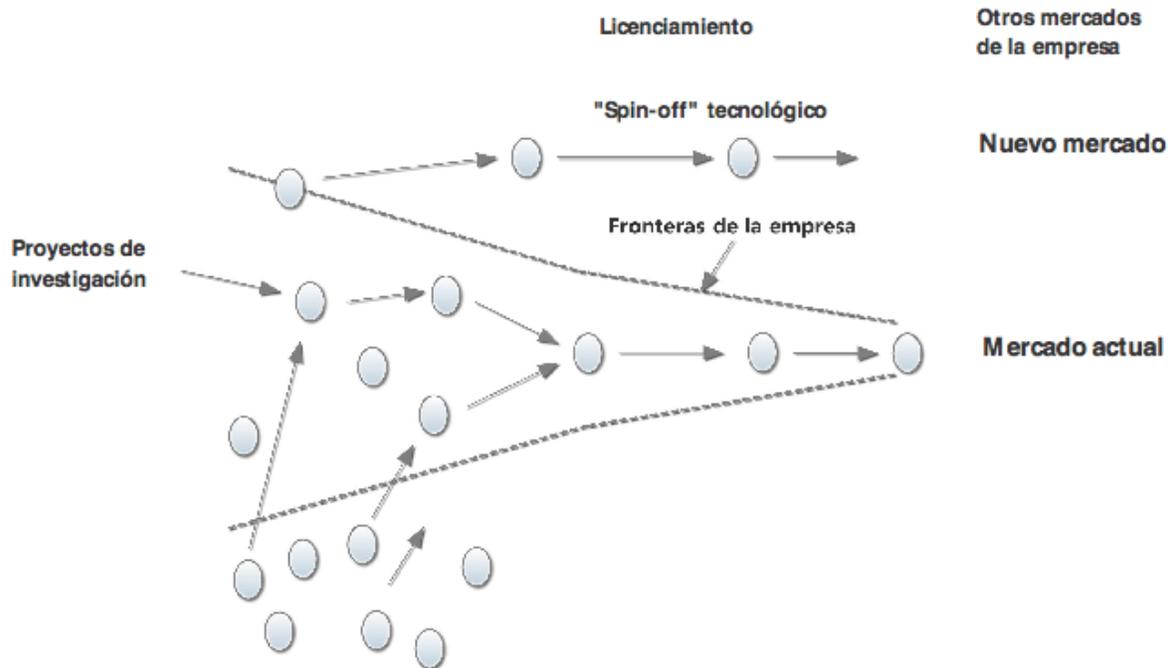


Figura 1.9.- Modelo de innovación abierta
 Fuente: Chesbrough (2003)

Adoptando una perspectiva de estrategia de negocios, Chesbrough (2003) argumenta que el proceso de innovación ha cambiado de un sistema cerrado, interno a la empresa, a un nuevo modo de sistemas abiertos involucrando a un amplio rango de jugadores distribuidos hacia arriba y hacia abajo en la *cadena de suministros*. Es significativo el énfasis que pone Chesbrough en la nueva economía basada en el conocimiento, que conduce al concepto de *innovación abierta*. La integración estratégica y tecnológica con clientes, proveedores, comunidades de innovación y redes, ya referida en el modelo de la quinta generación, está presente en el concepto de la innovación abierta, ilustrado en la figura 1.9. Los crecientes costos y la complejidad e interdisciplinariedad de la innovación, las mayores incertidumbres y costos de los proyectos, la menor duración de los ciclos de innovación y otras razones dificultan las actuaciones individuales de las empresas y han convertido la innovación en una actividad que incluso las grandes empresas no siempre pueden o deben acometer solas. En este sentido, la *innovación abierta* supone una perspectiva

sistémica del proceso de innovación, la cual implica, que la innovación no depende sólo de los agentes innovadores individualmente considerados sino que, en general, es el resultado de un proceso de interacción eficaz entre un conjunto de actores que forman parte del *sistema de innovación*.

El modelo cíclico de innovación (MCI)

Los cambios fundamentales en la industria han generado un nuevo ambiente comercial en el cual los procesos de negocio cruzan las fronteras tradicionales de las empresas y se combinan a través de sectores industriales. Esto significa que la innovación promueve la construcción continua de valores económicos y sociales, por lo que es necesario repensar los conceptos actuales que subyacen en la innovación. Los modelos de generación reciente pueden ser caracterizados por las siguientes propiedades:

1. La innovación está embebida en asociaciones: *innovación abierta*.
2. Se da atención a la interacción temprana entre la ciencia y los negocios.
3. El conocimiento duro de las *tecnologías emergentes* es complementado por el conocimiento suave de los *mercados emergentes*.
4. La necesidad de nuevos conceptos organizacionales es reconocida enfatizando las destrezas para la gestión de redes con proveedores especializados así como con *usuarios tempranos* (innovadores).
5. El *espíritu emprendedor* juega un papel central.

El modelo cíclico de innovación (MCI en adelante) destaca las interacciones y el cambio, cumpliendo con los principios de la dinámica de sistemas. Esto significa, entre otras cosas que el equilibrio de los procesos ha sido reemplazado por procesos de cambio. El MCI se focaliza en la interacción entre cambios de los subsistemas involucrados, sin la necesidad de una descripción totalmente científica del sistema en un momento específico del tiempo. Con la adición de bucles de retroalimentación los modelos de sistemas dinámicos, frecuentemente referidos como regímenes, son

representados por ciclos interconectados y los procesos de trabajo resultan ser cíclicos. Gracias a la retroalimentación, los factores humanos están constantemente confrontados con las consecuencias de sus acciones, preferiblemente a través de señales tempranas inter-construidas, de esta manera, pueden realizarse ajustes rápidos ante sorpresas eventuales. La arquitectura cíclica también asegura que puede aprenderse de los errores, una muy importante propiedad de la innovación. (Berkhout, et al, 2006).

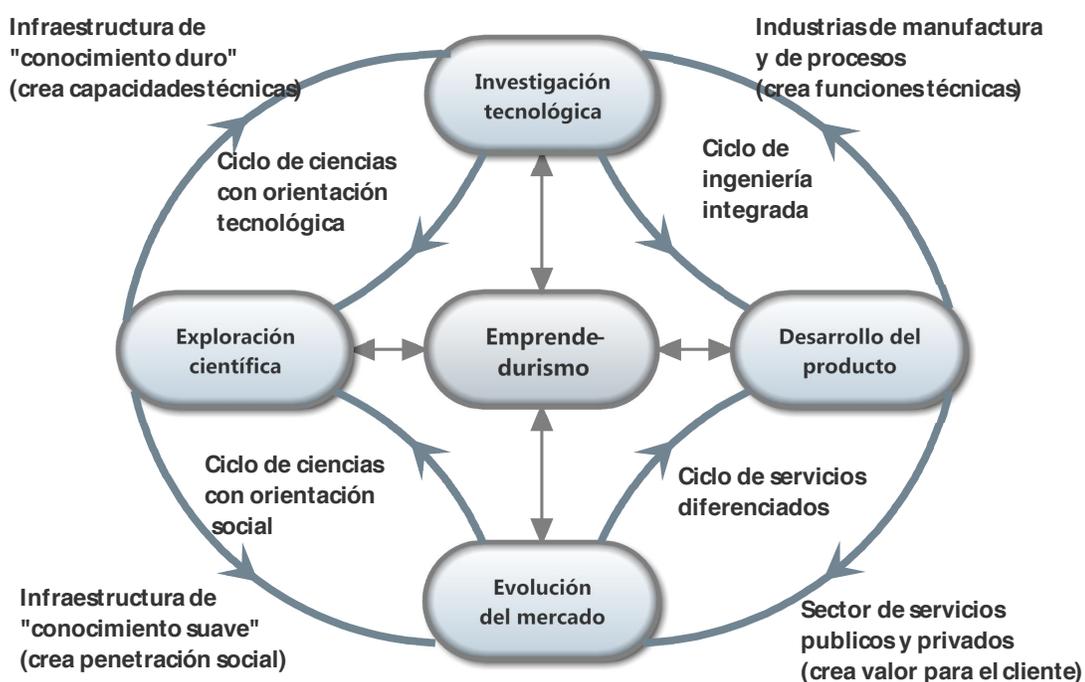


Figura 1.10.- Círculo de la innovación con ciclos interconectados
Fuente: Berkhout (2006)

La figura 1.10 ilustra un modelo de innovación bajo una visión de sistemas de los procesos de cambio cíclicos –y sus iteraciones-. Las ciencias duras y suaves así como ingeniería y comercialización se juntan en un sistema cohesivo de procesos creativos. El *espíritu emprendedor* juega un papel central: sin este *espíritu emprendedor* no hay innovación.

En el ciclo de la ciencia, la investigación tecnológica es conducida por nuevas percepciones científicas: *el empuje de la ciencia*. En el ciclo de la ingeniería la investigación tecnológica es conducida por nuevos requerimientos funcionales en el desarrollo del producto: *el jalón de la función*. La dinámica de la investigación tecnológica, por lo tanto, está conducida tanto por las percepciones científicas como por los nuevos requerimientos funcionales. Los procesos de interacción cíclica para el desarrollo de nuevas percepciones en tendencias socio-económicas emergentes y en retroceso (*transiciones del mercado*), tienen lugar en el llamado ciclo de ciencias sociales, con la ayuda de un amplio rango de diferentes disciplinas de las ciencias suaves. Con estas percepciones, nuevas soluciones socio-técnicas, se pueden desarrollar más rápidamente y con mucho menor riesgo. La experiencia muestra que en este ciclo los *usuarios tempranos* (innovadores) juegan un papel importante al hacer exitoso el proceso de innovación, esto significa usar la creatividad de los usuarios (Von Hippel, 2005).

La primera característica llamativa del modelo es que no es una cadena sino un círculo: la innovación construye innovaciones. Las ideas crean nuevos desarrollos, el éxito crea nuevos retos y las fallas crean nuevas percepciones, de manera que la creación de valor está acumulándose constantemente. La figura también muestra que el modelo propuesto retrata un sistema de procesos dinámicos -círculo de cambio- con cuatro creativos *nodos de cambio*: exploración científica, investigación tecnológica, desarrollo de producto y transiciones el mercado. Entre estos nodos hay *ciclos de cambio* lo cual asegura que la dinámica de procesos en los módulos se influyen uno a otro, en otras palabras, ellos inspiran, corrigen y se complementan uno a otro (dependencia del primer orden). Esto produce un sistema de ciclos interconectados, que tienen a su vez influencia unos con otros (dependencias de más alto orden). El resultado es un régimen más o menos sincronizado de procesos dinámicos interconectados que encienden una interacción creativa entre cambios en la ciencia, lado izquierdo, e industria, lado derecho, e intercambios entre la tecnología, arriba, y el mercado, abajo. A través del círculo hay un continuo intercambio de ideas y conceptos, de conocimiento e información, de capital y trabajo, de productos y

servicios y de valores técnicos y socio-económicos. A un nivel conceptual inferior del modelo, se puede decir que cada nodo representa una colección de diferentes actores que forman redes cíclicas con otros actores en nodos vecinos. (Berkhout et al, 2006).

Clasificación de las innovaciones.- La figura sugiere que nuevas innovaciones surgen de generaciones previas. La nueva innovación es, por tanto, una mezcla de lo viejo y lo nuevo y los cambios consiguientes pueden ser grandes o pequeños; los términos comúnmente usados en la actualidad únicamente son innovaciones incrementales o radicales. En el modelo CIM esta no es una distinción muy clara, el CIM muestra que las nuevas innovaciones pueden ser divididas en diferentes clases, esta clasificación puede ser más informativa.

Clase 1.- Las innovaciones son el resultado de nuevos desarrollos en un nodo simple. Esto puede implicar combinaciones de productos y servicios existentes donde únicamente el concepto de mercado es radicalmente cambiado.

Clase 2.- Las innovaciones son el resultado de nuevos desarrollos en dos modos. Esto puede implicar el desarrollo de combinaciones de nuevos productos y servicios, junto con un concepto de mercado único.

Clase 3.- Las innovaciones son el resultado de nuevos desarrollos en tres nodos. Pueden implicar el desarrollo de nuevas tecnologías, que a su vez crean combinaciones posibles de productos y servicios, que por su parte crean nuevos conceptos de mercado.

Clase 4.- Las innovaciones requieren desarrollos en los cuatro nodos. La ciencia juega un papel crucial aquí. Todos los desarrollos importantes en las ciencias de la vida generando conocimiento para nuevas *biotecnologías*, las que a su vez crean una revolución en el desarrollo del nuevo de combinaciones de productos y servicios en las industrias farmacéutica y alimenticia. Pero este progreso espectacular está también presente en las *nanociencias* donde la los bloques técnicos de

construcción están a una escala molecular. Las *nanociencias* están rindiendo nuevo conocimiento radical para las *nanotecnologías*, que a su vez provocan una revolución en el desarrollo de combinaciones de productos y servicios en todos los sectores técnicos industriales.

La característica fundamental del modelo de innovación MCI, es que describe un círculo no una cadena. La ciencia no está al principio de la cadena ni el mercado está al final de la cadena. Ambos son parte de un proceso continuo de creación a lo largo de un camino dinámico que no tiene puntos fijos de comienzo o terminación: las innovaciones se construyen sobre innovaciones. La innovación puede empezar en cualquier lugar, en cualquier tiempo, el resultado es una construcción continua de valores económicos y sociales realizados por los ciclos de refuerzo alrededor del círculo completo. En el modelo CIM las nuevas tecnologías originadas por descubrimientos científicos y cambios en el mercado originados por nuevas necesidades continuamente se influyen uno a otro de una manera cíclica. Esta naturaleza dual de la innovación -capacidades técnicas y necesidades humanas- conformarán el futuro de los regímenes socio-técnicos y socio-económicos. Destaca el papel central del espíritu emprendedor, que es considerada la característica clave en este modelo de innovación.

La innovación a principios del siglo XXI

El paso gigantesco de la humanidad hacia la era moderna ha sido impulsado por cien años de innovación tecnológica sin precedentes. La luz eléctrica, el motor de combustión interna, el automóvil, el avión, el teléfono, la televisión, fertilizantes, antibióticos, plásticos, transistores y circuitos integrados, computadoras, etc. Cada descubrimiento ha extendido las capacidades humanas generando miles de inventos subsecuentes y en última instancia inventando la gestión de la innovación: nuevas maneras de movilizar las acciones humanas hacia fines productivos que convirtieron toda esta potencialidad en amplia prosperidad (Von Stamm, and Trifilova, 2009). La innovación mejora la productividad y la calidad de vida de diversas maneras: nuevos

productos farmacéuticos, medios de transporte, comunicaciones, entretenimiento y mayor variedad y accesibilidad de alimentos. Los trabajos pueden ser más creativos, interesantes y retadores gracias a la innovación. Pero la aplicación exitosa de las ideas e invenciones puede tener también consecuencias profundamente adversas. Naciones y regiones se ven seriamente afectadas cuando no son tan innovadoras como sus competidores, dando como resultado crecientes disparidades en la riqueza. El cambio tecnológico seguirá siendo rápido y su dirección seguirá siendo incierta, de ahí que continuará surgiendo un extenso rango de nuevas oportunidades de negocio y también riesgos asociados con las nuevas tecnologías.

En los albores del siglo XXI, la humanidad confronta una serie de problemas de enormes proporciones: cambio climático, pandemias globales, terrorismo, proliferación nuclear, degradación ambiental. Los problemas más demandantes no son meramente tecnológicos, sino sociales, culturales, políticos y transnacionales. Todos estos retos requieren de *sistemas de innovación* enteramente nuevos, basados en la colaboración a través de redes. Es necesario facilitar la innovación a través de disciplinas, fronteras, instituciones e ideologías.

Debido a la creciente competencia y el mayor grado de complejidad en la ciencia y la tecnología se requieren inversiones incrementales en innovación. Para su financiamiento, es necesaria la colaboración basada en el aprendizaje colectivo y la administración del conocimiento compartido. Este nuevo escenario requiere de analizar contextos, estudiar tendencias, visualizar nuevos caminos y soluciones; la viabilidad será alcanzada a través de esfuerzos colaborativos. El futuro de la humanidad, no menos que su pasado, depende de nuevas maneras de innovar y de gestionar la tecnología. Entre los principales retos, relacionados con la *gestión de la innovación*, que en el futuro tendrán que enfrentar las organizaciones, destacan los siguientes:

a) La *sustentabilidad* y los negocios sustentables.- La *sustentabilidad* ha originado un nuevo grupo de conceptos que ayudan a enmarcar el espacio para la

innovación. Términos tales como ecosistema, diversidad social y biológica y comunidades sustentables, están apareciendo en la literatura mercadotécnica de productos y servicios. Los nuevos conceptos originan nuevos métodos y prácticas tales como producto total y análisis del ciclo de vida a su vez dan origen a nuevas maneras de medir el desempeño. Las mediciones de la calidad de vida ya están siendo tan importantes como las medidas tradicionales de resultados cuantitativos. Métricas para entender la “huella del carbono”, “comercio justo” e índices de sustentabilidad incorporando medición de energía son cada vez más comunes. La habilidad para manejar la integración de sistemas que proporcionan soluciones sustentables está siendo una característica crucial de la mayoría de los enfoques. La innovación tecnológica considera objetivos tales como la biodegradación, el ahorro de energía, los materiales reusables y en nuevos procesos tales como el *secuestro de carbono*. La provisión de potencia usando fuentes de energías renovables y desarrollando una tecnología limpia está abriendo nuevos mercados. Están surgiendo nuevos modelos para lograr un enfoque más sustentable de los negocios. El cuidado de la salud, la genética, la investigación de células madre y la medicina regenerativa están retando los enfoques más ortodoxos de los médicos. Mercados que eran hasta ahora desconocidos están comenzando a crecer. La creación del mercado para el carbono, permitiendo a las empresas negociar carbono en un esfuerzo por reducir la contaminación es un indicativo de la búsqueda continua de soluciones de mercado a retos ambientales.

b) Competencia basada en tecnología.- Las organizaciones deben continuamente innovar en términos de productos procesos, mercados y modelos de negocios para crear valor para el cliente y desarrollar una ventaja competitiva. El cambio tecnológico está siempre presente en la innovación y los negocios prosperan o declinan como resultado de la manera como gestionan el cambio tecnológico, de aquí que la gestión de la innovación tecnológica se ha convertido en un proceso clave de los negocios. Si bien una *tecnología disruptiva* es capaz de modificar las bases de la competencia, lo común es que la innovación tecnológica implique la manera en que se fusionan o combinan las diferentes tecnologías, las bases del conocimiento, las

disciplinas y los sectores de negocios. Con frecuencia se requiere la integración de nuevas tecnologías con antiguas tecnologías fusionando lo ya existente con lo nuevo. La prospección de las innovaciones tecnológicas no solo será cada vez más dependiente de la investigación básica, permitiendo el acceso a diversas ciencias que inducirán combinaciones en campos de tecnología tales como la optoelectrónica, sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés), bio-sensores, y nanotecnologías, exigiendo que las empresas posean un alto nivel de competencia en múltiples tecnologías. En el futuro se requerirán los esfuerzos continuos y extensos en la búsqueda de sinergias entre sectores de negocio y entre productos y servicios. El reto de la gestión será crear las estrategias y estructuras, los recursos y capacidades necesarios para fomentar esta sinergia trans-disciplinaria, trans-sectorial y trans-tecnológica. Estos cambios en la tecnología y en las posibilidades de nuevas combinaciones, traen muchos retos y oportunidades para los negocios. Las capacidades de las tecnologías de la información y las tecnologías innovadoras para compartir y procesar información más rápidamente y el creciente grado de globalización -ambos característicos del economía del conocimiento- provocarán que la innovación tecnológica sea cada vez más una fuente importante de ventajas competitivas en el futuro.

Desde la industria de la moda hasta la industria aeroespacial, desde el acero hasta el software, el paso de la innovación tecnológica se está acelerando. Ya no pueden las empresas continuar sufriendo la pérdida de una generación de tecnología y esperar mantenerse competitivas. Adicionalmente esta presión de las innovaciones se está incrementando por el cruzamiento de las fronteras en las industrias. Una nueva fibra desarrollada por una industria textil tiene potencial para construir materiales y equipo médico. Algunas compañías son expertas en el uso de una diversidad de tecnologías para crear nuevos productos que transforman los mercados, pero muchas otras están perdiendo el paso porque se soportan en una estrategia tecnológica que ya trabaja en tal ambiente de cambio rápido. La diferencia entre el éxito y el fracaso no está en cuánto gasta una compañía en inversiones de I+D sino en la manera como define su estrategia tecnológica. Existen dos posibles definiciones:

una compañía puede invertir en la investigación y desarrollo que reemplace la tecnología de la vieja generación, este es el *enfoque disruptivo*, o bien puede focalizarse en tecnologías híbridas, es decir, la combinación de tecnologías existentes, este es el enfoque de la *fusión tecnológica*. El primer enfoque es lineal, una estrategia paso a paso de sustitución tecnológica: el semiconductor reemplazó el tubo al vacío, el disco compacto reemplazó a la cinta magnética. Por otra parte, la fusión tecnológica es complementaria y cooperativa. Mezcla las mejoras técnicas incrementales de varios campos tecnológicos previamente separados para crear productos que revoluciona los mercados. Por ejemplo, la unión entre la óptica y la electrónica creó la optoelectrónica la cual dio nacimiento a los sistemas de comunicación por fibra óptica; fusionando tecnologías mecánicas y electrónicas se produce la revolución mecatrónica, la cuál transformó a la industria de máquinas-herramienta.

Una única estrategia disruptiva es inadecuada, las compañías necesitan incluir ambos enfoques, disrupción y fusión, en sus estrategias tecnológicas. Apoyarse solamente en disrupciones falla porque se focaliza el esfuerzo de investigación y desarrollo muy estrechamente, por ejemplo, dentro de una especialidad electrónica, ignorando las posibilidades de combinar innovaciones tecnologías en mecánica y electrónica. Muchas empresas occidentales todavía descansan casi exclusivamente en el enfoque disruptivo. Las razones son complejas: desconfianza en innovaciones que provienen del exterior una arrogancia en ingeniería por el síndrome del “no inventado aquí”, una aversión a compartir los resultados de la investigación. Es entre las empresas manufactureras de alta tecnología, líderes en el Japón, que la fusión tecnológica ha encontrado sus defensores más fuertes, en las últimas décadas empresas tales como Fanuc Nissan, NEC (fibra óptica), Sharp y Toray han desarrollado sus propias versiones de fusión tecnológica y las han incorporado en sus estrategias de I+D y desarrollo de productos. Fanuc es líder mundial en sistemas de control numérico computarizado, NEC fusionó vidrio cable y tecnologías electrónicas para desarrollar la primera fibra óptica en Japón, Sharp controla el 38% del mercado mundial de displays de cristal líquido (LCD) a partir de que en los 1980’s fusionó las

tecnologías electrónica, del cristal y de la óptica. En cada uno de estos casos las empresas agregaron una tecnología a otras y encontraron una solución mejor que la suma de las partes; en fusión tecnológica uno más uno suma tres, porque combina más que reemplazar tecnologías. La moderna estrategia tecnológica requiere de una forma de pensar diferente, un nuevo juego de prácticas de *gestión tecnológica* se han identificado a partir de tres elementos básicos esenciales en la fusión tecnológica.

Primero, el mercado mueve la agenda de I+D y no al revés, si el cliente quiere un controlador numérico más pequeño y más confiable para una máquina-herramienta entonces este es el punto de partida para establecer los proyectos de I+D, no lo que el investigador ha producido en el laboratorio. El desarrollo de tal enfoque movido por el mercado comienza con una articulación de la demanda. Segundo, las empresas necesitan capacidades de inteligencia para mantener registro del desarrollo tecnológico, tanto hacia dentro como hacia fuera de la industria. No es solo vigilancia, sino esfuerzos formales más allá del simple monitoreo de solicitudes de patentes alrededor del mundo. Tercero, la fusión tecnológica surge de lazos de largo plazo en I+D, con una variedad de compañías cruzando muchas diferentes industrias. Las inversiones en consorcios de investigación, joint ventures, y alianzas van más allá del formulismo. Es tanto recíproco como sustancial, con todas las compañías participantes en más o menos iguales términos de responsabilidad y de recompensa por su inversión (Kodama, F. 1992).

Actualmente, existen muchos ejemplos de nuevas tecnologías que emergen de la combinación de diferentes bases de conocimiento, tales como la bioinformática y los nanomateriales. La biotecnología implica la fusión de la biología, la química y la ingeniería, entre otras disciplinas. Otra forma de integración tecnológica involucra tecnologías que por sí mismas son capaces de integrar varios componentes en el proceso de innovación. Han sido descritas en una particular categoría de tecnología que Dodgson, et al (2005) llaman *tecnologías innovadoras* (IvT). Hay evidencia del uso extensivo de las IvT's en un amplio rango de sectores, como el farmacéutico, el de la minería y la construcción y a través de muchos diferentes tipos de

organizaciones. La IvT's funcionan junto con tecnologías de información y comunicación (ICT) y tecnologías utilizadas en manufactura y operaciones, tales como manejo de materiales automatizado. Las compañías farmacéuticas están usando cada vez más las IvT's en campos tales como secuenciación genética y química combinatoria. Pfizer ha desarrollado técnicas automatizadas para tamizado y distribución rápida de miles de químicos utilizando robots. General Motors usa lo que ellos llaman diseño e ingeniería basado en matemáticas, que proporciona representaciones digitales de vehículos para diseño, ingeniería y pruebas. Este sistema es utilizado rutinariamente en áreas tales como: 1) simulación y modelado en 3D de estructuras de vehículos, accidentes y seguridad, 2) códigos de dinámica computacional de fluidos para diseño y análisis de sistemas de combustión en los motores, transmisiones, sistemas de aire acondicionado y calefacción y aerodinámica vehicular, 3) sistemas de alto nivel para diseño automatizado de chips integrados y componentes electromecánicos, y 4) prototipos de realidad virtual para exteriores e interiores de vehículos, componentes y herramienta de producción. El uso de tales sistemas a conducido a desarrollos en estabilidad y sistemas de control, dirección electrónicamente asistida, suspensiones continuamente variables y controles del motor.

Con el uso de prototipos virtuales se ha reducido la necesidad de costosos modelos físicos. Las IvT's permiten a las empresas experimentar de forma económica y "fallar frecuentemente y tempranamente". Las IvT's son también muy importantes en el diseño de sistemas grandes y complejos tales como infraestructura de servicios en aeropuertos, sistemas de comunicación donde no es usualmente factible probar prototipos a escala completa. Uno de los mas importantes aspectos de las IvT's es como asisten en la representación y visualización del conocimiento y su comunicación a través de diferentes dominios, disciplinas, profesiones y comunidades de práctica.

c) Gestión del proceso de innovación.- El proceso de innovación será cada vez más complejo, involucrando un gran número de actores y mostrando cada vez más propiedades emergentes impredecibles. Esta complejidad ocurrirá por varias

razones y se manifestará en diferentes formas: 1) los negocios, la tecnología y los contextos regulatorios en los cuales operan las empresas serán incrementalmente intrincados, el cambio es rápido e impredecible y requerirá con frecuencia de redes de colaboración entre comunidades y compromiso con los gobiernos para lograr algún control sobre el paso y la dirección del cambio tecnológico (esencialmente compartiendo el control para retenerlo), 2) las estructuras organizacionales internas y las maneras de comprometerse con partes externas vendrá a ser multifacética, la necesidad de asegurar comunicaciones efectivas y compromisos entre un amplio rango de técnicos y otros especialistas, requerirá de una continua creación de redes, de proyectos y de configuraciones y re-configuraciones de equipos de trabajo, 3) la complejidad se manifestara por sí misma en la configuración de productos que involucrarán cada más una estrecha integración de la investigación básica y combinada y fusionada con características en el servicio, pudiendo tomar la forma de soluciones integradas. Como una respuesta a esta complejidad, existe evidencia que sugiere que un buen número de líderes innovadores están actualmente adoptando una variedad de prácticas que en su conjunto representan un cambio hacia la quinta generación del proceso de innovación (Rothwell, 1994). Otra manera de tratar con el proceso de innovación, cada vez más complejo e impredecible, es fomentando el uso del juego. El proceso de innovación será cada vez más una serie de *actividades lúdicas*. Michael Schrage (2000) en su libro *Serious Play* analiza como las mejores empresas del mundo simulan y en particular usan el prototipado para innovar. Las tecnologías, especialmente las empleadas en la simulación y el prototipado, jugarán un papel importante en el fomento del juego y su integración con la manera de pensar y realizar la gestión de los nuevos procesos de innovación. Las tecnologías innovadoras, la simulación y modelación, la inteligencia artificial, el prototipado rápido y el prototipado virtual- vendrán a serán cada vez más herramientas esenciales en el proceso de innovación. Las empresas utilizarán sistemas computacionales integrados de operaciones, enlazados con todos los elementos del diseño y entrega de nuevos productos y servicios. Las empresas tendrán acceso en tiempo real a la información de tales sistemas para ayudar a controlar la cadena de valor completa. Las redes locales integrarán las actividades entre las operaciones, el intercambio electrónico de

datos enlazará las actividades de tales sitios con clientes y proveedores. La Internet asistirá el proceso interactivo y *lúdico* de intercambio de información entre empresas y a través de todas las actividades dentro de una misma empresa. En su forma más avanzada, la capacidad de simular y modelar innovaciones previamente a su producción (para ver si alguien las comprará) se extenderá por la simulación y modelado de las operaciones usadas para su entrega (para ver si pueden ser hechas) y la simulación y modelado de los modelos de negocios serán utilizados para maximizar el retorno de la inversión (para ver cuál sería el más rentable).

Otra tendencia importante, proviene del hecho de que la innovación se está democratizando, es decir los usuarios de productos y servicios tanto individuales como industriales están incrementando la capacidad de innovar por sí mismos. Estos usuarios pueden desarrollar exactamente lo que ellos quieren en vez de depender de los manufactureros que actúan como sus agentes. Más aún, los usuarios individuales no tienen que desarrollar todo lo que necesitan por sí mismos, ellos se pueden beneficiar de las innovaciones desarrolladas y compartirlas libremente por otros usuarios (von Hippel, 2006). Comúnmente, las innovaciones más importantes tienen su origen en los productores quienes suministran a los consumidores estas innovaciones convertidas en productos. Como los productores prestan servicios a numerosos usuarios, pueden beneficiarse reproduciendo y vendiendo un diseño innovador. Los usuarios, por su parte, recuperan la inversión que hicieron en dicha adquisición mediante los beneficios derivados del uso del producto. En este intercambio el productor que presta servicios a muchos clientes necesita invertir más en la innovación que un usuario particular. Se desprende, de esta lógica que los diseños desarrollados por los productores deberían prevalecer sobre los diseños desarrollados por los usuarios en la mayoría de los ámbitos de la economía. Sin embargo, el modelo de productores es solo uno de los modos posibles de innovación. Un segundo modelo de creciente importancia es la *innovación impulsada por los usuarios*. En este segundo modelo, las innovaciones importantes desde el punto de vista económico son desarrolladas por usuarios particulares, los consumidores, y también por empresas usuarias. En algunos casos las *innovaciones desarrolladas por*

los usuarios son el resultado del trabajo en colaboración de un conjunto de individuos.

d) Innovación abierta y redes de colaboración.- Durante la mayor parte del siglo XX, I+D interna fue vista como un activo estratégico y aún más, como una barrera de entrada para competir en muchas industrias. Sólo las grandes empresas con recursos significativos y programas de investigación de largo plazo podían competir. Actualmente las que habían sido empresas líderes en su sector industrial están encontrando una muy fuerte competencia en muchas nuevas empresas. Estos nuevos competidores, si bien han sido muy innovadores, han logrado innovar aprovechando los descubrimientos resultantes de las investigaciones de otros. La manera en que actualmente se llevan las ideas al mercado está sufriendo un cambio fundamental, estamos siendo testigos de un cambio de paradigma acerca de la manera en que las empresas comercializan actualmente el conocimiento, el nuevo paradigma es la innovación abierta. Las organizaciones más exitosas en el siglo XXI serán seguramente aquellas que perciban que la ventaja sustentable real no está solamente en un producto o servicio sino que está en la construcción de organizaciones que saben como aprovechar repetidamente la innovación interna y externa en una escala global independientemente de su origen. La innovación abierta será cada vez más la práctica que sistemáticamente complemente los esfuerzos internos de innovación con el acceso a los más amplias reservas de talento, creatividad, intelecto e inventiva. Esto ha conducido a un cambio en la perspectiva de la innovación desde la concentración en el desarrollo de competencias organizacionales internas para soportar la innovación hasta nuevas perspectivas de colaboración inter- organizacional en redes de colaboración.

La innovación colaborativa permite a una organización ciertas ventajas tales como: acceso a destrezas y capacidades internas deficientes, distribución de los riesgos y costos asociados a través de los socios de la red y en última instancia, la mejora en su habilidad para entregar la innovación al mercado. Redes de innovación guiadas por el conocimiento pueden vincular a la universidad y a la industria como socios en los sistemas nacionales de innovación ofreciendo un mecanismo para

apalancar la capacidad de investigación del sector universitario y así contribuir al desarrollo de ambos: industria y economía del conocimiento, manteniendo el corazón de la misión de las universidades: la educación y la investigación fundamental. Este movimiento hacia una innovación colaborativa rompe la rutina tradicional del proceso de innovación y requiere que las organizaciones desarrollen nuevas destrezas y competencias. La relevancia de las competencias técnicas organizacionales será un criterio fundamental para participar en la red. Las nuevas destrezas se centran en la habilidad del organización para interactuar con otras organizaciones asociadas y compartir conocimiento para colectivamente administrar los procesos de innovación en red. Capacidades tales como asociación e integración de culturas organizacionales, selección efectiva de colaboradores, claridad de propósito en lo relativo a objetivos, y derechos de propiedad intelectual, destreza en la administración sólida de gestión de proyectos, todo esto influenciará la capacidad colaborativa de las organizaciones. Las redes de colaboración para la innovación seguramente pasarán sobre las divisiones geográficas, del lenguaje y culturas, focalizándose en la combinación de destrezas y competencias de gente de diferentes nacionalidades. Los esfuerzos serán más concentrados en la identificación de la gente capaz de contribuir en procesos y proyectos de innovación independientemente de su origen, nacionalidad, religión o raza.

Las organizaciones requieren innovar continuamente en términos de productos, procesos, mercados y modelos de negocios para ampliar su ventaja competitiva sobre otras organizaciones y para mejorar su rentabilidad. Sin embargo, la paradoja es que esas organizaciones pueden requerir colaborar con organizaciones competidoras para innovar exitosamente. La necesidad de desarrollar innovaciones que ocupen nuevos espacios del mercado con frecuencia requiere que una organización mejore significativamente desde sus competencias y capacidades existentes. Esto ha conducido a un cambio en la perspectiva de la innovación, desde la concentración en el desarrollo de competencias organizacionales internas para soportar la innovación hasta nuevas perspectivas de colaboración inter-organizacional. Debido al creciente grado de complejidad en la ciencia y la tecnología

se requieren inversiones incrementales en innovación. Para hacer posible su financiamiento, se requiere de la colaboración basada en el aprendizaje colectivo y la administración del conocimiento compartido. La innovación colaborativa permite a una organización ciertas ventajas tales como: acceso a destrezas y capacidades complementarias, distribución de los riesgos y costos asociados a través de los socios y en última instancia, la mejora en su habilidad para entregar la innovación al mercado.

Es importante entender que el perfil de la innovación está ligado al contexto y a la etapa de desarrollo de la sociedad tanto en lo tecnológico, como en lo social y económico. La innovación debe ser interpretada como un proceso continuo en permanente estado de construcción y transformación soportada por el trabajo de muchos profesionales de diferentes tipos de conocimientos y destrezas. Esta diversidad de conocimientos, destrezas y competencias permite diferentes enfoques al mismo problema o reto, generando variedad en el análisis y una riqueza conceptual que permitirá nuevas ideas. La relevancia de las competencias técnicas organizacionales es un criterio fundamental de calificación para participar la colaboración. Las nuevas destrezas se centran en la habilidad del organización para interactuar con otras organizaciones asociadas y compartir conocimiento y colectivamente administrar los procesos de innovación conjunta, de principio a fin. Capacidades tales como asociación e integración de culturas organizacionales, selección efectiva de colaboradores, claridad de propósito en lo relativo a objetivos, derechos de propiedad intelectual, destreza en la administración sólida de proyectos todo esto influencia la capacidad colaborativa de las organizaciones.

La colaboración para la innovación seguramente pasa sobre las divisiones geográficas, del lenguaje y culturales unificando a la gente de diferentes nacionalidades focalizándose en la combinación de destrezas y competencias. Los esfuerzos son más concentrados en la identificación de la gente capaz de contribuir en procesos de innovación y proyectos independientemente de su origen, nacionalidad, religión o raza. Los modelos de 4^a. y 5^a. Generación de I+D, son útiles

para la identificación y eventual implantación de prácticas colaborativas.

La 4ª *Generación de I+D* permite prácticas colaborativas para conseguir innovación continua y discontinua, ya que ambas son esenciales para confrontar el cambio acelerado que prevalece actualmente en el mercado. La diferencia entre innovación continua que está sujeta a los estándares de los mercados existentes y la innovación discontinua que suplanta a aquellos, es crítica. La innovación continua es incremental y tiene lugar dentro de las infraestructuras existentes, se construye sobre el conocimiento existente y sobre mercados existentes sin retar las estrategias y los supuestos subyacentes. La innovación discontinua crea condiciones adelantadas que emanan del nuevo y diferente conocimiento fundamental en una o más dimensiones de un producto o servicio, comparado con lo que fue antes.

La innovación discontinua no trae solamente cambios en su sentido más simple, sino que el cambio es profundo y de manera sistémica, es fundamental y de largo alcance. Implica no solamente la colaboración característica del modelo de 4ª *Generación*, sino un enfoque más amplio basado en la integración estratégica y tecnológica dentro y fuera de la empresa: el enfoque de la 5ª *Generación de I+D*. Este enfoque afecta no solamente a los productos y servicios sino también a la infraestructura integral y cadenas extensivas de distribución que pueden involucrar docenas o cientos de compañías e industrias afiliadas y en competencia. La innovación discontinua es dramática y también inevitable cuando los requerimientos de los clientes ya no pueden ser atendidos dentro de los marcos y capacidades existentes. Esto sucede frecuentemente porque nuevas combinaciones o agregados de conocimiento, herramientas, tecnología, y procesos cambian el carácter subyacente de las necesidades de los clientes moviendo los límites de lo que es posible. De hecho, el conocimiento nuevo crea continuamente nuevas realidades. La dificultad experimentada para alcanzar innovaciones discontinuas exitosas reside precisamente en que requiere conocimiento nuevo, conocimiento que no está usualmente disponible cuando se está buscando únicamente al interior de la organización, de aquí la importancia de entender a la *innovación abierta* como modelo

de colaboración.

Una estrategia de innovación guía las decisiones respecto a los recursos que son utilizados para alcanzar los objetivos de innovación de la empresa. Identifica las tecnologías y mercados que la empresa debe desarrollar y explotar mejor para crear y capturar valor (Dyer et al, 2011). El concepto de *innovación abierta* parte de la idea de que las empresas ya no son capaces de abordar por sus propios medios todo el proceso de la innovación, necesitan contar con recursos externos que se integran a su propia cadena de innovación. Estas empresas necesitan una estructura para integrar las tecnologías internas y externas que abarca no sólo la gestión técnica, sino también el marketing, las ventas, los servicios de respaldo y la financiación. Si la innovación se va a integrar con la estrategia empresarial, en los procesos de trabajo, como debería ser, se requiere de una amplia red de interacciones sociales. La idea para un producto nuevo puede surgir de la mente de un individuo, pero sólo un esfuerzo colectivo puede llevar esa idea a través de prototipos y a su lanzamiento. (Lafley y Charan, 2008)

El paradigma o modelo de innovación abierta representa una nueva filosofía por lo que respecta a la gestión de los procesos de innovación, que se basa en la combinación de ideas y tecnologías externas junto con las ideas y tecnologías internas, tanto en las fases de desarrollo de las innovaciones como en las de explotación o comercialización. La innovación abierta, al comprender movimientos de conocimientos e ideas tanto desde fuera hacia adentro, como desde dentro hacia fuera, permite considerar dos dimensiones en el modelo de innovación abierta: una referida a la adquisición de tecnología o a la exploración de tecnología y otra referida a la explotación de tecnología. Por lo tanto, para caracterizar un modelo de innovación abierta de forma completa se requiere de una combinación de prácticas en ambas dimensiones y además que estas prácticas contribuyan de manera significativa en todo el proceso de innovación.

Actualmente muchas empresas enfrentan una competencia intensa y un ambiente económico turbulento. De alguna manera, la tecnología se percibe como un

medio por el cual estas empresas pueden tratar de adaptarse a los requerimientos de este ambiente difícil e incierto. Pero al mismo tiempo las rápidas tasas de cambio tecnológico son asociados a ciclos de vida más cortos convirtiéndose así en parte de la dificultad, a medida que los procesos de *fusión tecnológica* (Kodama, 1985) está desdibujando las fronteras industriales establecidas desde hace tiempo.

La creciente complejidad y velocidad del cambio tecnológico está forzando a las empresas a forjar nuevas alianzas verticales y horizontales y a buscar mayor flexibilidad y eficiencia como respuesta a los cambios en el mercado. Este proceso de adaptación está conduciendo a algunas compañías hacia una mayor integración estratégica con agencias externas y redes de colaboración y a la adopción de sofisticados herramientas electrónicos para el diseño y desarrollo de actividades, que amplían su flexibilidad, rapidez y eficiencia. Estos innovadores de avanzada están comenzando a tomar los elementos del proceso de la quinta generación de innovación (Rothwell, R., 1994). *La integración estratégica* entre empresas se está haciendo cada vez más global y ocurre a través de áreas tecnológicas, de mercado y financieras. Cuando Boeing diseñó su avión 777 involucró a clientes y proveedores estrechamente. Agrupó a ocho de sus clientes, aerolíneas internacionales, que se reunieron por un período de veinticuatro meses para ayudar a especificar los requerimientos para esta nueva aeronave. Boeing también se involucró estrechamente con sus proveedores. Componentes importantes tales como las principales partes del fuselaje y del timón fueron contratados a compañías australianas y japonesas. Los fabricantes de motores tales como Pratt and Whitney diseñaron sus motores en estrecha conjunción con Boeing. *La integración tecnológica* ocurre en varias formas, un ejemplo simple podría ser el automóvil híbrido que es impulsado por electricidad y por gasolina, involucrando la fusión de las tecnologías eléctricas y mecánicas de la electricidad. (Dodgson, et al 2008).

e) El papel del gobierno.- La investigación en todas sus formas está siendo crucial para las estrategias gubernamentales para el desarrollo económico. El enfoque de los sistemas nacionales de innovación (NIS por sus siglas en inglés) tiene una

visión sistémica de la innovación. Las innovaciones son principalmente el resultado de las acciones de varios agentes y de sus relaciones e interacciones entre unos y otros. Éste enfoque considera que las innovaciones exitosas dependen de las relaciones de largo plazo y la estrecha interacción entre las organizaciones innovadoras y las organizaciones e instituciones externas (Seifoddin et al, 2008). Los sistemas de investigación, soportados con fondos públicos, principalmente basados en las universidades, dan a los gobiernos el poder suficiente para responder a los problemas sociales, tecnológicos, ambientales y económicos. Los gobiernos continúan siendo los principales proveedores de fondos para la investigación básica pero estos fondos públicos para la investigación traen cada vez mayores responsabilidades por la transferencia del conocimiento, como una condición para obtenerlos. El costo del tal investigación, con frecuencia está más allá de las posibilidades de recursos de algunos países individuales y su foco está con frecuencia en problemas que requieren soluciones globales de ahí que buscarán cada vez más la colaboración internacional para soportarlo.

Durante los años ochenta y noventa los gobiernos se focalizaron en tratar de entender sus sistemas de innovación, frecuentemente desarrollando planes detallados para promover *clusters* industriales o conexiones entre los actores dispares. En este papel los gobiernos se vieron como animadores estimulando la interacción entre individuos, empresas e instituciones. Los esfuerzos de los gobiernos para soportar la interacción al interior de sus sistemas de innovación probablemente se expandan, pero también probablemente se incrementen, serán más sofisticados y dirigidos. Es probable que los gobiernos se conviertan en intermediarios, creando nuevos mecanismos que ayuden a las empresas y organizaciones de investigación e individuos a encontrar maneras de construir relaciones útiles para unos y otros. El papel del gobierno será cada vez más visto como un creador de conexiones capaz de responder rápidamente a las oportunidades y reuniendo a actores dispares para alcanzar un objetivo común. Programas colaborativos que utilizan el potencial de las tecnologías innovadoras crearán nuevas oportunidades para que los gobiernos asuman este papel. Las estrategias de innovación abierta focalizadas en la

coordinación e integración de los esfuerzos de innovación de múltiples actores necesitarán ser balanceadas con mecanismos efectivos para proteger y comercializar la especialidad y la propiedad intelectual de las empresas individuales.

f) La innovación en los servicios.- A pesar de que el sector de servicios contribuye importantemente al producto interno bruto, la innovación en los servicios está actualmente en etapas tempranas. El sector de servicios ha emergido como algo moderno en las economías cambiando los mercados impulsados por los productos a los mercados impulsados por los servicios. En las economías más avanzadas de servicios en el mundo tales como las de los Estados Unidos y el Reino Unido los servicios representan hasta tres cuartas partes de la riqueza y 85% del empleo (Tidd and Hull, 2003; citado por Trott, 2012); en la Unión Europea los servicios representan el 60% del PIB (Eurostat, 2006). La proliferación de servicios basados en información, permite anticipar que el futuro de las economías será impulsado principalmente por innovaciones en los servicios. El impulsor obvio para los nuevos servicios son las tecnologías de la información, donde ocurren nuevas formas de interacción con los clientes. Este desarrollo de los servicios está ahora provocando investigación acerca de cómo optimizar los procesos para el desarrollo de nuevos servicios (DNS) y planteando preguntas acerca de cómo surgen los servicios y qué procesos son desplegados para lograrlo. Como resultado, se verán más formas de innovaciones impulsadas por los clientes conduciendo hacia al nuevo servicio, por ejemplo, en el mercado de post-venta de la industria automotriz. Las antiguas industrias orientadas por productos como energía o construcción se transformarán más y más en proveedores de servicios. Los modelos de negocios, como pago por uso, serán un estándar para los manufactureros que buscarán nuevos enfoques en la innovación de sus negocios. Estas compañías de servicio, serán forzadas a manejar nuevas innovaciones de servicios de una manera profesional, de otro modo perderán participación de mercado y su crecimiento potencial.

En las próximas décadas se verá un giro en la innovación, donde la innovación en el servicio conducirá a la innovación del producto. Los innovadores

inteligentes en servicio aprenderán de los procesos industriales y sus métodos adoptando estos para todo lo que sea adecuado en el servicio. Serán necesarias nuevas formas de educación y habilidades administrativas para ampliar el éxito de la innovación en el servicio, será necesario también establecer claramente objetivos de innovación y fortalecer la cultura de la innovación y monitorear y medir los resultados. La época de la innovación del servicio apenas ha comenzado, es necesario aprender de la experiencia en el DNP para transitar exitosamente hacia el DNS. Actualmente el entendimiento común del proceso de innovación en los servicios está dominado por los modelos de DNP, aunque estos aún no logran capturar la dinámica de la participación en los procesos de creación de servicios innovadores (Barras, 1986).

Desarrollo de nuevos productos (DNP), conceptos y definiciones

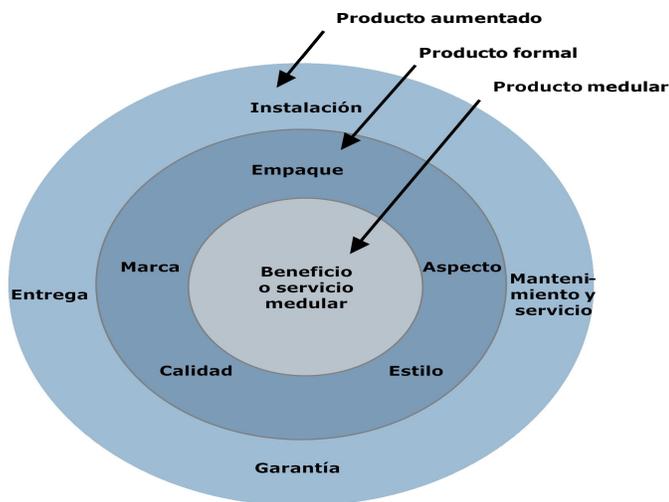
Es común percibir al nuevo producto como el resultado del proceso de innovación, en el que su desarrollo es un subproceso de la innovación. La gestión de la innovación se ocupa de que la organización, en su conjunto, cuente con las condiciones necesarias para desarrollar nuevos productos. El DNP implica la administración de las disciplinas involucradas en el proceso. Estas disciplinas han desarrollado sus propias perspectivas, mismas que son ampliamente soportadas por sus experiencias. Así, la administración de la producción examinaría el desarrollo de nuevos productos desde la perspectiva de su manufactura. Mercadotecnia, por otro lado, tomaría una perspectiva algo diferente y se preocuparía por tratar de entender las necesidades de los clientes y como satisfacerlas. Sin embargo, producir lo que le cliente desea, puede ser o puede no ser posible o rentable. La falta de un enfoque común en el DNP se puede dar por las múltiples perspectivas de todas las disciplinas que intervienen en el proceso: I+D, diseño e ingeniería, manufactura, finanzas, mercadotecnia. Esta variedad de enfoques no debe verse como debilidad, sino como fortaleza, ya que las diversas perspectivas permiten ver lo que alguna de ellas puede haber pasado por alto. Desde la perspectiva de negocios, el DNP es uno de los más riesgosos e importante esfuerzo de las empresas contemporáneas. Hoy, los nuevos productos representan en promedio el 28% de las ventas, más de un cuarto de los

ingresos y 28.3% de las utilidades de las empresas provienen de productos que no se vendían tres años antes (Cooper, 1988).

Para entender que es un nuevo producto, es conveniente definir, en una primera instancia, que es un producto. Kotler (1985) propone esta definición:

Un producto es cualquier cosa que se ofrezca en un mercado para atención, adquisición, uso o consumo; entre ellos se tienen objetos físicos, servicios, personalidades, lugares, organizaciones e ideas.

Un producto tiene tres sentidos que vale la pena distinguir, en el nivel más fundamental se puede calificar un producto como *medular*, qué es el beneficio de lo que está adquiriendo en realidad del comprador. El producto formal es el “empaque” del *producto medular*, es lo que el mercado meta reconoce como oferta tangible. *Producto aumentado* es la totalidad de beneficios que la persona recibe o experimenta al obtener el producto formal. En la figura 2.1 se ilustran bien estos tres sentidos:



Tres niveles de producto
Fuente: Kotler, F. (1985)

Figura 2.1.- Los tres niveles del producto.
Fuente: Kotler, (1985)

Los productos son usualmente asociados a negocios y empresas, aunque también pueden provenir de organizaciones sin fines de lucro y organizaciones no

gubernamentales (ONG's). También de instituciones gubernamentales, organizaciones para el cuidado de salud, etc. En estos últimos casos, el término producto puede ser usado para referirse a programas dirigidos a los ciudadanos. Así mismo, es común que compañías aseguradoras, bancos y otras organizaciones se refieran genéricamente a su oferta como productos.

Un producto es un concepto multidimensional, algunas de sus dimensiones son tangibles y otras son intangibles. Las dimensiones del producto podrían resumirse en las siguientes:

1. Especificaciones de calidad
2. Precio
3. Empaque
4. Características
5. Tecnología
6. Nivel de servicio
7. Marca

Si se acepta que un producto tiene múltiples dimensiones, entonces es teóricamente posible etiquetar un producto como nuevo, con la simple alteración de una de esas dimensiones. Cada dimensión puede ser alterada creando una nueva dimensión y en teoría un nuevo producto (Trott, 2012). Desde la perspectiva del mercado tratar de definir que es y que no es un nuevo producto no es sencillo. Algunas empresas los definen como: "cualquier cosa que proporciona nueva funcionalidad, nuevas características o beneficios que son claramente visibles para un consumidor o usuario". Sin embargo, se reconocen genéricamente dos diferentes tipos de nuevos productos:

- *Nuevo para la empresa:* en el sentido de que esta nunca ha fabricado o vendido este tipo de producto antes, pero otras empresas si lo han hecho.
- *Nuevo para el mercado o nuevo para el mundo:* el producto es el primero de su clase en el mercado.

La siguiente clasificación de Booz, Allen & Hamilton (citado por Cooper, 2011). identifica las categorías comúnmente aceptadas de desarrollo de nuevos productos:

Productos nuevos para el mundo.- Representan una pequeña proporción del total de nuevos productos introducidos al mercado. Son los primeros de su clase y crean un nuevo mercado. Son invenciones que usualmente contienen un desarrollo tecnológico significativo ya sea como descubrimiento nuevo o por la manipulación de la tecnología existente, de una manera completamente diferente.

Nuevas líneas de producto (nuevas para la empresa).- Aunque no son nuevos en el mercado, estos productos son nuevos para una empresa en particular, proporcionándole la oportunidad de entrar a un mercado establecido.

Adiciones a líneas existentes.- Esta categoría es un subconjunto de la anterior. La distinción está en que mientras que la empresa ya cuenta con una línea de productos en ese mercado, el producto es significativamente diferente de la oferta actual, pero no tan diferente como para que sea una nueva línea.

Mejoras y revisiones a productos existentes.- Estos nuevos productos son reemplazos de la línea de productos de la empresa.

Reducciones de costo.- Esta categoría de productos podría no ser vista como nueva desde la perspectiva del mercado, ya que no ofrece beneficios adicionales al consumidor. Sin embargo, desde el punto de vista de la empresa, puede ser muy significativo ya que la habilidad de ofrecer un desempeño similar reduciendo costos de producción, proporciona un enorme potencial de valor agregado. Las innovaciones en procesos productivos son posiblemente la mayor fuente de reducciones de costo.

Reposicionamiento.- Estos nuevos productos son esencialmente el descubrimiento de nuevas aplicaciones a productos existentes. Tiene mucho que ver con la percepción del consumidor y el manejo de marcas con desarrollo técnico.

Visto en un mapa de dos dimensiones, como se muestra en la figura 2.2, se identifican los seis diferentes tipos o categorías de nuevos productos y los porcentajes declarados por las empresas encuestadas en los Estados Unidos de Norteamérica.

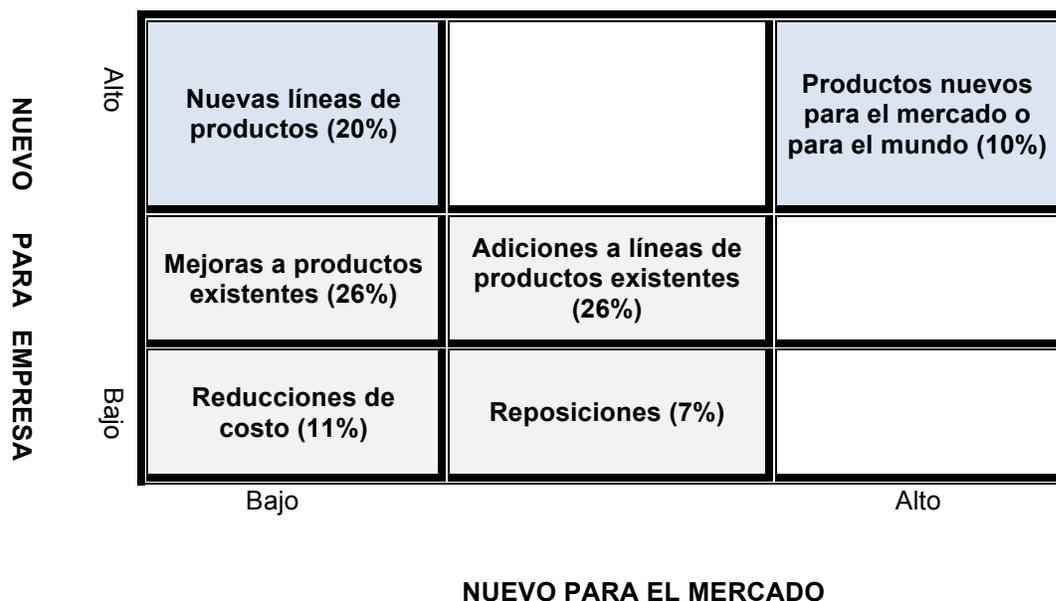


Figura 2.2.- Tipos de nuevos productos, en dos dimensiones
 Fuente original: Booz, Allen and Hamilton (citado por Cooper, 2011)

Una abrumadora mayoría de los llamados nuevos productos son desarrollos o variaciones de formatos existentes, solo el 10% de estos nuevos productos son *nuevos para el mercado y nuevos para la empresa*.

Impulsores del DNP

Los nuevos productos como resultado del proceso de innovación contribuyen importantemente a la prosperidad de las empresas, incrementan los ingresos, impulsan la participación en el mercado, hacen que las utilidades crezcan y aumente el valor de las empresas. De ahí su importancia y el énfasis que se da al estudio y al análisis de las oportunidades que ofrecen sus principales impulsores:

a) Los avances tecnológicos.- La base mundial de la tecnología y el *saber-hacer* se incrementa actualmente a una tasa exponencial, haciendo posible soluciones y productos que no se soñaban hace una década. La tecnología está siendo usada para mejorar la velocidad y eficiencia de la innovación de muchas maneras, creando considerables retos y oportunidades a los desarrolladores (Dodgson et al 2008). Compañías como Ricardo and Dessault están usando *realidad virtual* para ayudar a sus clientes a diseñar la nueva generación de productos. GlaxoSmithKline está usando herramientas de *simulación y modelado* para mejorar sustancialmente la velocidad de diseño de nuevas drogas. *E-Science o Grid computing* está construyendo nuevas comunidades de científicos y desarrolladores en Rolls Royce y en muchas otras compañías ayudándoles a manejar proyectos colaborativos. Wal-Mart usa tecnologías sofisticadas de *minería de datos* para ayudarle a entender a sus clientes y administrar su cadena de suministros. Empresas en industrias tan diversas como fórmula uno y moda están usando tecnologías virtuales y *prototipado rápido* para mejorar la velocidad de la innovación. Juntas estas tecnologías representan una nueva categoría de tecnologías que Dodgson, Gann and Salter llaman “tecnologías de innovación” (IvT). Las IvT están siendo usadas para hacer que los clientes por un lado y los desarrolladores por otro lado tomen decisiones clave respecto a los productos y servicios. Uno de los más importantes aspectos de las IvT es la manera en que asisten en la representación y visualización del conocimiento y su comunicación a través de diferentes dominios, disciplinas, profesiones y comunidades de práctica. La adopción de las IvT está conduciendo a muchas organizaciones a reconsiderar la manera en que dirigen y gestionan sus actividades de innovación ya que proporcionan una ayuda útil en la integración digital del proceso de innovación. Es posible pensar que las IvT son algo así como los nuevos *bienes de capital de la innovación*. Puede argumentarse que su integración efectiva con otras tecnologías será, en el futuro, uno de los asuntos críticos de la competitividad basada en la tecnología. (Dodgson et al 2008).

b) Cambios en las necesidades de los clientes.- Las necesidades, deseos y preferencias de los consumidores están cambiando regularmente. Los mercados también están en una agitación constante, la empresa dominante hace solo unos cuantos años, de repente cae de la gracia del consumidor. Actualmente lo que los consumidores perciben que es posible tener lo quieren de inmediato, pero raramente son capaces de especificar totalmente todas sus necesidades porque ellos mismos perciben la incertidumbre y no pueden articular sus necesidades acerca de productos que no existen. Si ellos no han podido ni ver ni usar tal producto antes, tienen que experimentar por si mismos antes de llegar a una recomendación. Finalmente, cuando las innovaciones son *disruptivas* la incertidumbre del mercado puede llegar a ser tan significativa que las empresas se resisten a asignar recursos suficientes al desarrollo de productos para esos mercados. Para aprovechar exitosamente las oportunidades del *cambio disruptivo*, es necesario apoyarse en la experimentación temprana y barata en la búsqueda de un mercado para una *tecnología disruptiva* (Tomke, 2003).

c) Acortamiento en el *ciclo de vida del producto*.- Un resultado del paso incremental del cambio tecnológico, asociado con la demanda cambiante del mercado, ha sido el acortamiento de los ciclos de vida. Los *ciclos de vida de los productos* se han recortado drásticamente en los últimos años. El nuevo producto no tiene ya una vida de cinco o diez años sino de solamente unos cuantos años, algunas veces incluso meses. Un producto es remplazado por la entrada de otro más competitivo, causando la obsolescencia del producto actual.

El *ciclo de vida de los productos* (CVP, en adelante) es una de las mas importantes teorías para entender la innovación. Es una teoría que reúne diferentes áreas de la gestión de la innovación incluyendo estrategia, dinámica industrial y evolución tecnológica. Es una herramienta útil para ayudar a las empresas a evaluar la evolución de su industria para seleccionar cuándo y cómo invertir. Abernathy y Utterback (1978) desarrollaron un modelo dinámico de innovación de producto y proceso a través del *ciclo de vida de una industria*. El modelo del CVP se divide en tres fases: fluida, transicional y específica. Considera el diferente foco de atención que

la empresa pone en la innovación de producto y proceso durante el CVP. Este modelo está representado en la figura 2.3, la cual es probablemente la más figura más famosa y la más frecuentemente representada en el campo de estudios de la innovación.

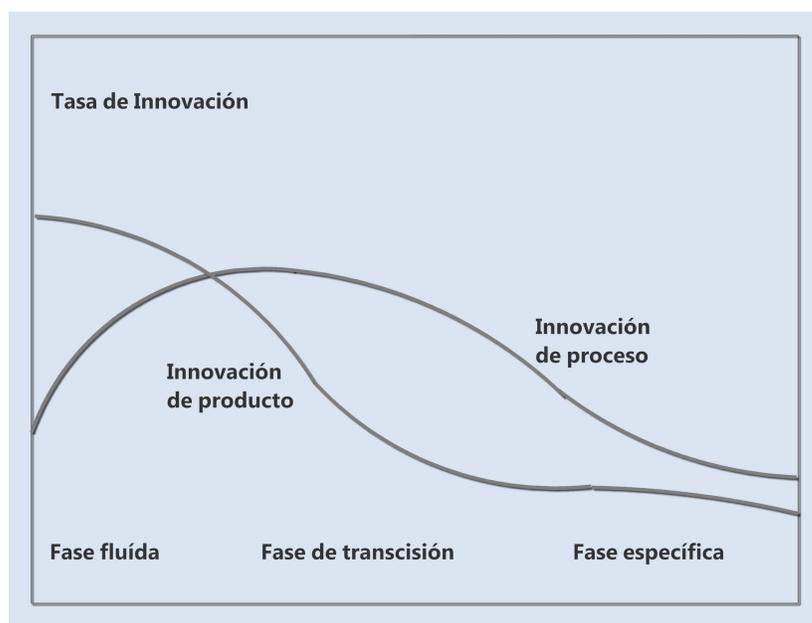


Figura 2.3.- El ciclo de vida del producto
Fuente: Abernathy y Utterback (1978)

Como se ilustra en la figura 2.3, en la fase fluida las empresas exploran varios productos con potencial diferente. El mercado es fluido y los usuarios están todavía aprendiendo respecto a los productos, que pueden hacer y que necesidades pueden satisfacer, contribuyen también a su mejora. Existe una gran incertidumbre respecto a que producto será favorecido como el ganador en el mercado. Hay frecuentemente diseños que compiten con atributos funcionales diferentes. Hay también frecuentes innovaciones de nuevos productos a medida que las empresas ubican las necesidades específicas de pequeños grupos de clientes. Los procesos son flexibles e ineficientes y los materiales utilizados se limitan a los generalmente disponibles. Los productos son comúnmente fabricados en pequeños lotes con plantas en escala pequeña y la maquinaria y equipo son de propósito general. Una vez que la ventaja del pionero es explotada, muchos nuevos entrantes son capaces de realizar

innovaciones disruptivas llevando nuevos productos al mercado y capturando la participación de mercado de los titulares.

En la fase de transición, la demanda por el nuevo producto comienza a expandirse, esto obliga a realizar cambios mayores en los procesos de producción haciéndolos más rígidos. La industria se estabiliza alrededor del diseño de un producto simple permitiendo a las empresas manufacturarlo en volúmenes incrementales. Este diseño de producto poco a poco viene a ser dominante. El diseño dominante puede no ser el mejor, pero es el más ampliamente aceptado. Las empresas se focalizan en la mejora de las características específicas del producto incluyendo su desempeño funcional. Es producido por herramientas de propósito general pero gradualmente cambia a equipo especializado diseñado a la medida y algunos sub-procesos se automatizan. Es aún posible para las empresas incorporar características con nuevo diseño, pero es cada vez más caro hacerlo.

En la fase específica las empresas se focalizan en la innovación de procesos, de producción y operaciones, buscando reducir los costos e incrementar el volumen de producción. La mayoría de los productos en el mercado son similares en su funcionalidad y los clientes deciden cuál comprar basándose en el precio. Estos productos están basados en un diseño dominante atrincherado. Los procesos de producción son eficientes y rígidos e intensivos en capital. Se usa para la producción equipo altamente especializado ajustado a la producción de un producto único. Es difícil hacer cambios radicales en el diseño del producto. Las organizaciones que fabrican el producto utilizan estructuras formales con fuertes e inflexibles rutinas de operación. Hay una cadena de suministro de componentes bien establecida y el conocimiento respecto al producto es altamente codificado. La industria está concentrada entre unas cuantas empresas, que son manufactureros especialistas.

El patrón del CVP se aprecia en muchas industrias pero su aplicabilidad a las industrias de servicios es aún cuestionada. Barras (1986) argumenta que existe un *CVP inverso* dentro de los servicios. La innovación de procesos en los servicios

conducen a las principales innovaciones de producto, ocasionando sacudidas en la industria cuando los beneficios de las innovaciones de productos vienen a ser mayores que las innovaciones de procesos. Este enfoque ha sido cuestionado por varios autores que sugieren que las industrias de servicios es más probable que sigan el patrón tradicional del CVP.

Es importante destacar que los productos tienen ciclos de vida, pero las marcas, a pesar de ser una de las dimensiones del producto, no los tienen. Las marcas confiables están en la mente de los consumidores por muy largos períodos de tiempo y son fuente de cuantiosas utilidades durante décadas. Además, las marcas sirven usualmente de plataformas para la innovación de productos (Lafley and Charan, 2008).

d) *Globalización* incremental.- Actualmente, las empresas tienen acceso a nuevos mercados extranjeros como nunca antes, pero al mismo tiempo su mercado doméstico se ha convertido en uno más del mercado internacional. La *globalización* de los mercados ha creado oportunidades significativas para la innovación de productos: el producto mundial a la medida local, apuntando hacia objetivos de mercados globales y la perspectiva de hacer su desarrollo en países emergentes, aprovechando el talento, a costos menores. En una época en la que los *trabajadores del conocimiento* pueden trabajar desde cualquier lugar, las empresas tienen múltiples oportunidades de innovar si logran aprovechar la diversidad que existe detrás de las culturas, la geografía, las fronteras y las zonas horarias. El valor está en combinar la creatividad que viene desde cualquier lado y se difunde internamente en las empresas. El capital intelectual es ahora global; la empresa orientada hacia la innovación crea el ambiente que permite que las ideas fluyan desde afuera hacia dentro y hacia todas partes (Lafley and Charan 2008).

Este rápido repaso a los cuatro impulsores de innovación de producto muestra que ninguno de ellos pareciera que va a desaparecer en las próximas décadas. Por el contrario, la innovación de productos –y servicios- será cada vez más crítica para la

prosperidad de las empresas en los años por venir, aún más de lo que ha sido en el pasado reciente.

Modelos para el DNP

Las actividades organizacionales emprendidas por la empresa una vez que se embarca en el proceso de DNP ha sido representado por numerosos y diferentes modelos que pretenden capturar las actividades clave involucradas en el proceso, desde la idea hasta la comercialización del producto. La representación de estas tareas ha cambiado significativamente en los pasados treinta años. Por ejemplo, la industria farmacéutica está dominada por desarrollos científicos y tecnológicos que conducen a nuevas drogas; mientras que la industria alimenticia está dominada por investigación sobre los consumidores que conduce a muchos cambios menores en el producto. Independientemente del énfasis en la tecnología o en el mercado, que en los diferentes sectores industriales se ponga, la literatura en la materia representa genéricamente el proceso de desarrollo de nuevos productos como un modelo lineal de 8 etapas (figura 2.4).

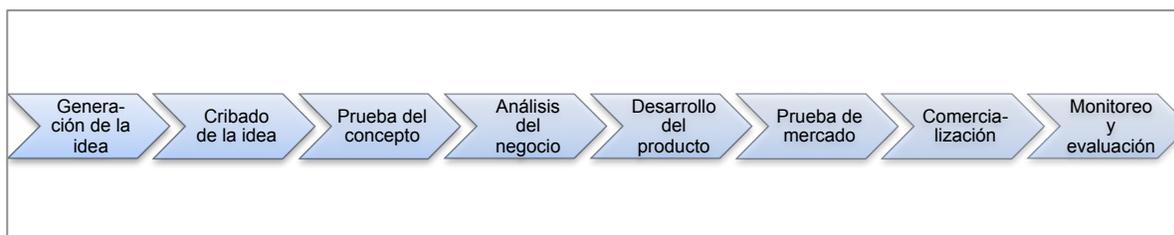


Figura 2.4.- Proceso lineal de 8 etapas para DNP
Fuente: Elaboración propia

Las etapas iniciales de un proceso de DNP son usualmente definidas como: generación de la idea, cribado de la idea, y *prueba del concepto*. Estas etapas representan la formación y desarrollo de una invención, previamente a su conversión en cualquier producto. En la mayoría de las industrias es a partir de este punto en adelante que los costos del desarrollo –si se realiza- crecerán significativamente. De ahí la importancia de la *prueba del concepto*; es mucho más fácil y menos costoso,

cambiar un concepto que un producto físico. Este simple modelo lineal está arraigado en la mente de muchas personas, porque el desarrollo de nuevos productos en la industria se contempla principalmente desde una perspectiva financiera, donde los flujos de salida de dinero preceden a los flujos de entrada, como se ve en la gráfica de la figura 2.5.

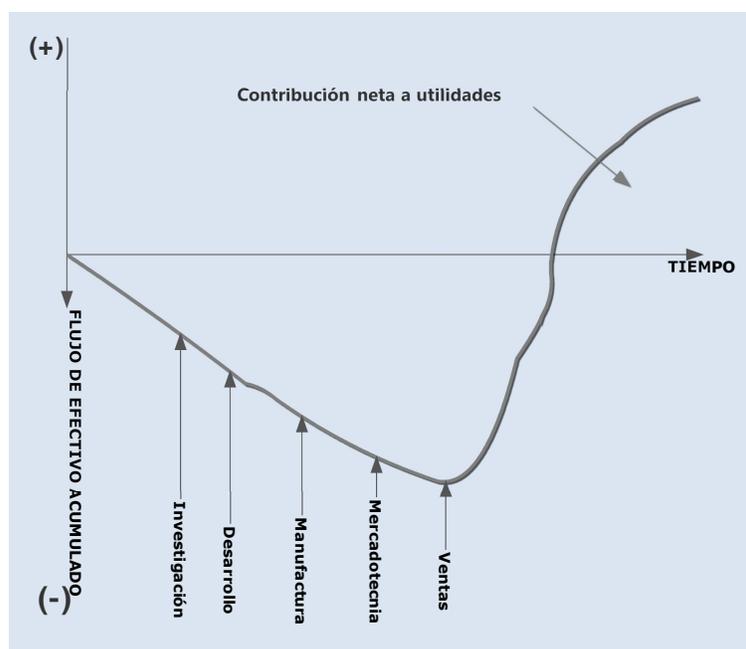


Figura 2.5.- Flujos de efectivo y DNP
Fuente: Trott (2012)

Existen numerosos modelos para el desarrollo de nuevos productos, los que han sido clasificados dentro de siete distintas categorías: 1) modelos de etapas departamentales, 2) modelos de etapas por actividad e ingeniería concurrente, 3) modelos multifuncionales (equipos), 4) modelos de decisión por etapas, 5) modelos de conversión por procesos, 6) modelos de respuesta, y 7) modelos de redes. Dentro de esta taxonomía los modelos de decisión por etapas y modelos de etapas por actividad son los más comúnmente referidos en la literatura (Trott, 2012).

1) Modelos de *etapas departamentales*.- Los modelos de *etapas departamentales* representan los primeros modelos de desarrollo de nuestros

productos. Estos pueden mostrarse como un modelo lineal de innovación donde cada departamento es responsable de ciertas tareas. Usualmente los representados de investigación y desarrollo proporcionan ideas técnicamente interesantes al departamento de ingeniería el que toma esas ideas y desarrolla posibles prototipos, después el departamento de manufactura explora las posibles maneras a producir un producto viable y capaz de ser producido en masa. Posteriormente el departamento de mercadotecnia se integra al plan y conduce el lanzamiento. Tales modelos son también conocidos como modelos “por encima de la pared” llamados así porque los departamentos realizan las tareas que le corresponden, antes de lanzar el proyecto, “por encima de la pared”, al siguiente departamento. Es hoy ampliamente aceptado que esta visión de islas departamentales dificulta el desarrollo de nuevos productos. El proceso es usualmente caracterizado por una gran cantidad de re-trabajos y consultas entre las funciones. El control del proyecto cambia sobre una base departamental, dependiendo de que departamento esta en determinado momento realizando la tarea que le corresponde (Trott, 2012)

2) Modelos de *etapas por actividad e ingeniería concurrente*.- Este modelo es similar al modelos de *etapas departamentales* pero debido a que enfatiza las conducción de las actividades, proporciona una mejor representación de la realidad. También facilita la iteración entre las actividades mediante el uso de bucles de retroalimentación, algo que el modelo de *etapas departamentales* no hace. Los modelos de *etapas por actividad* son, sin embargo, fuertemente criticados por perpetuar el fenómeno “por encima de la pared”. Más recientemente, los modelos de *etapas por actividad* (Crawford, 1997, citado por Trott, 2012) han destacado la naturaleza simultanea de las actividades dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos, enfatizando, por lo tanto, la necesidad de un enfoque multifuncional. La figura 2.6 muestra un modelo de *etapas por actividad*, en el que las etapas ocurren al mismo tiempo, pero varían en intensidad.

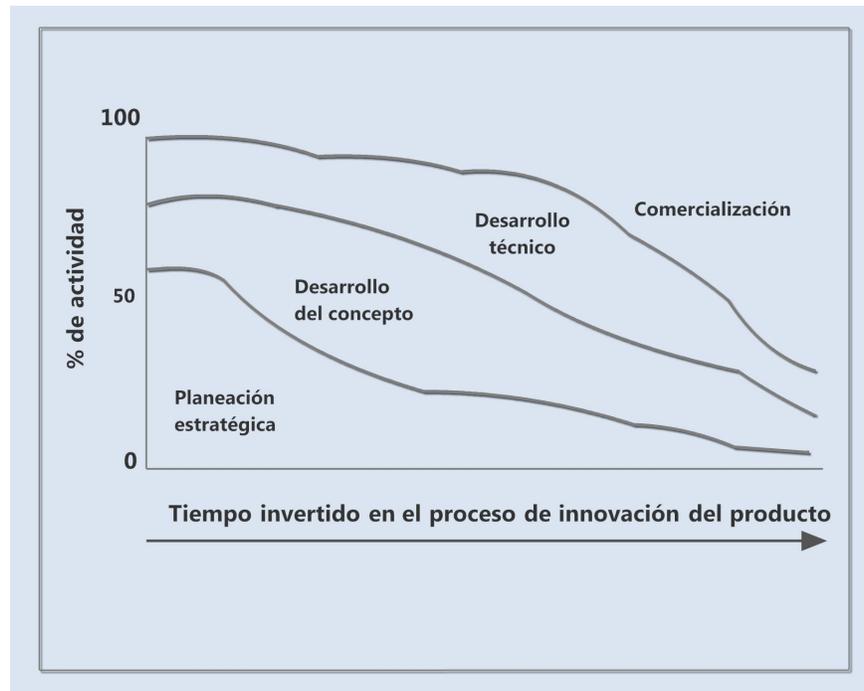


Figura 2.6.- Un modelo de etapas por actividad
Fuente: Trott (2012)

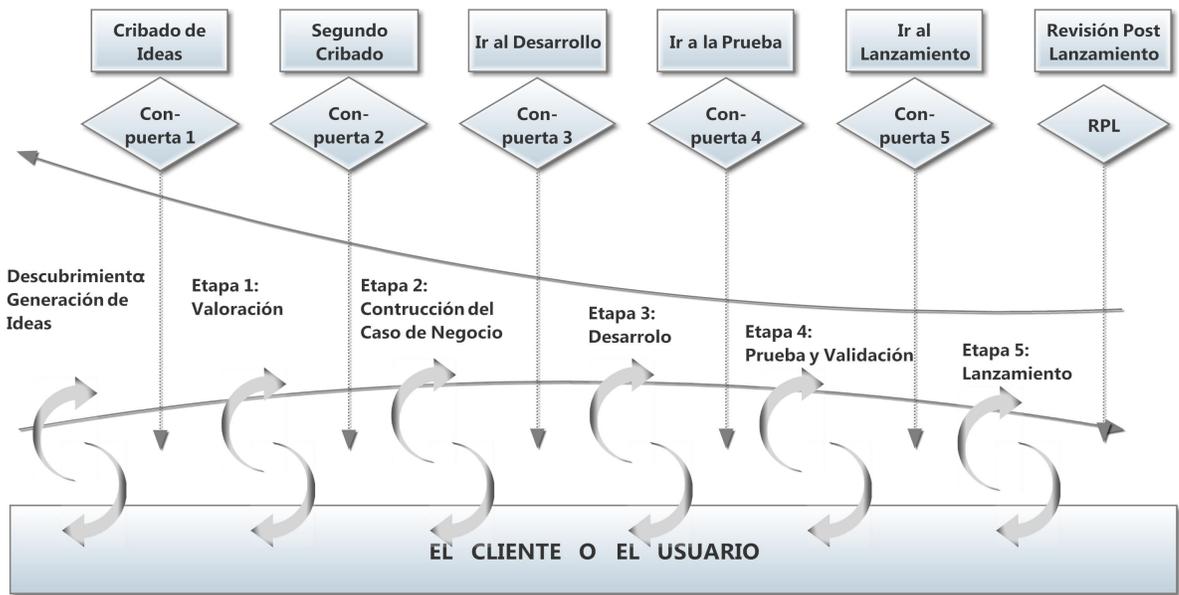
A finales de los 1980's, con la intención de resolver el problema de las islas departamentales que dificultan el desarrollo de nuevos productos, muchas compañías manufactureras adoptaron el enfoque de una *ingeniería concurrente* o *ingeniería simultánea*. El término fue inicialmente acuñado por el Instituto de Análisis para la Defensa de los Estados Unidos (IDA por sus siglas en inglés) en 1986, para explicar el método sistemático de *diseño concurrente* tanto para el producto como para la posterior producción y procesos de soporte. La idea es focalizar la atención en el proyecto como un todo más que en las etapas individuales, involucrando primordialmente a todas las funciones desde el principio del proyecto.

3) Modelos *multifuncionales* (equipos).- Los problemas que comúnmente ocurren dentro del proceso de desarrollo de productos se resuelven, en gran medida, mediante comunicaciones entre los diferentes departamentos. Los proyectos deben pasar frecuentemente de aquí para allá entre las funciones; en cada inter-fase el

proyecto se ve sometido a cambios incrementales, ocasionando que se alarga el tiempo del proceso de desarrollo producto. Los modelos *multifuncionales* o en equipos, remueven mucho de estas limitaciones al tener un equipo dedicado al proyecto, integrado con personal representando variadas funciones. El uso de *equipos multifuncionales*, requiere de modificaciones fundamentales en la estructura organizacional. En particular, pone énfasis en la administración de proyectos y equipos interdisciplinarios.

4) Modelos de *decisión por etapas*.- Los modelos de *decisión por etapas* representan el proceso de desarrollo de productos como una serie de decisiones que necesitan ser tomadas para progresar en el proyecto. Históricamente el proceso de desarrollo por etapas se deriva del programa de planeación por fases (PPP, por sus siglas en inglés) utilizado por la NASA para desarrollar misiles y otros programas de desarrollo a gran escala. A partir de este sistema de planeación, se han desarrollado diferentes sistemas del proceso de DNP por diferentes autores y empresas, tales como: el proceso de *revisión por etapas* (phase review process) integrado a un modelo de gestión más amplio denominado PACE (Product And Cycle-time Excellence) y el proceso de *etapas y compuertas* (Stage-Gate®) (Arroyo, A., 1999). Como en los modelos de *actividades por etapas*, los modelos de *decisión por etapas* también facilitan la interacción a través del uso de bucles de retroalimentación. Sin embargo, una crítica a estos modelos es que tal retroalimentación es implícita mas que explícita. La importancia de la interacción entre las funciones no puede ser suficientemente recomendada, el uso de tales bucles de retroalimentación ayuda a enfatizar esto.

Se muestra en la figura 2.7 una ilustración del Sistema de Etapas y Compuertas (*Stage-Gate* ®) desarrollado por Robert C. Cooper (1986). Es el modelo más conocido y aplicado por las empresas en el desarrollo de nuevos productos.



Stage-Gate[®] de la Idea al Lanzamiento Sistema para Proyectos Grandes y Complejos de Desarrollo de Productos
 (Adaptación y traducción de WINNING at NEW PRODUCTS, Robert G. Cooper, 2011)

Figura 2.7.- Sistema de etapas y compuertas (*Stage-Gate*®)
 Fuente: Cooper (1988)

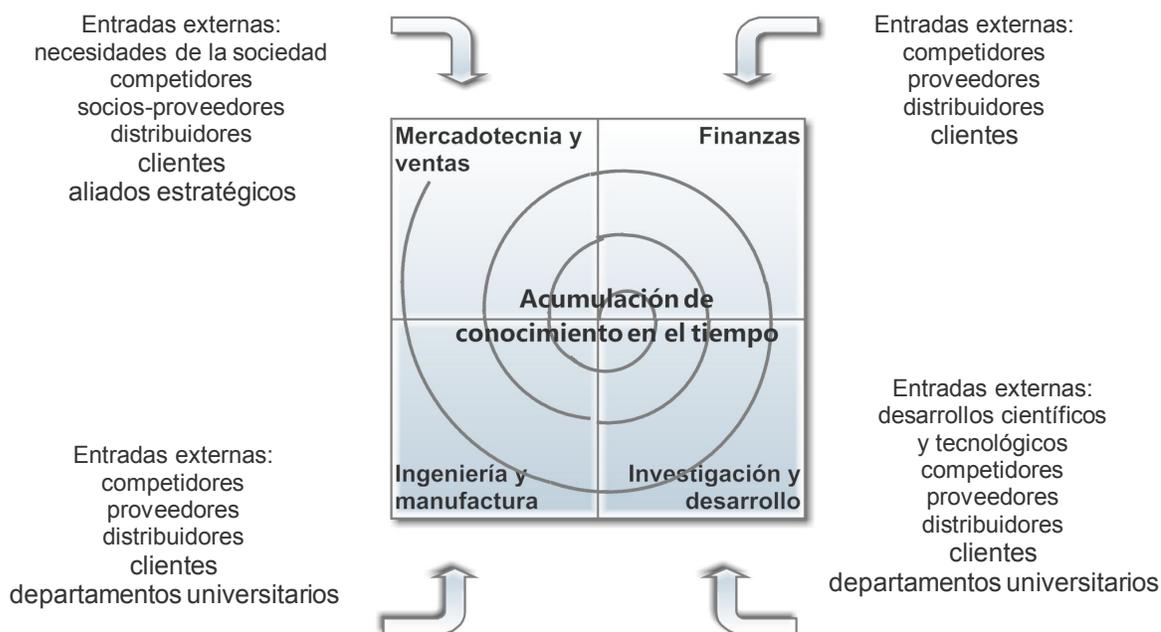
Como cualquier enfoque prescriptivo el proceso de etapas y compuertas sufre de varias limitaciones:

- El proceso puede ser lento por su carácter secuencial
- Todo el proceso está enfocado en el final de las compuertas más que en el cliente
- El concepto del producto puede ser detenido o congelado demasiado pronto
- El alto nivel de incertidumbre que acompaña a los nuevos productos discontinuos hace que el proceso de etapas y compuertas no sea adecuado para tales productos.
- En cada etapa dentro del proceso, el bajo nivel de conocimiento que tiene el “portero” puede conducir a realizar juicios pobres acerca del proyecto.

5) Modelos de *conversión por procesos*.- Como su nombre lo sugiere, los modelos de conversión por procesos contemplan el desarrollo de nuevos productos como numerosas entradas a una “caja negra” en la que son convertidas en una salida (Schon, 1967, citado por Trott, 2012). Las entradas podrían ser los requerimientos del cliente, las ideas técnicas, la capacidad manufacturera y la salida sería el producto. El concepto de una variedad de entradas de información conduciendo hacia un nuevo producto, difícilmente puede ser criticada, pero la falta de detalle es una limitante.

6) Modelos de *respuesta*.- Los modelos de *respuesta* se basan en el trabajo de Becker y Whistler, 1967 (citado por Saren, 1994) que utilizaban un enfoque del comportamiento para analizar el cambio. Estos modelos se enfocan en la respuesta individual u organizacional a una nueva idea o propuesta de nuevo proyecto. Este enfoque ha revelado factores adicionales que influyen la decisión de aceptar o rechazar propuestas de nuevos productos, particularmente en la etapa de cribado.

7) Modelos de *redes*.- La clasificación final de los modelos de desarrollo de nuevos productos representa el pensamiento más reciente en la materia: el proceso de acumulación del conocimiento desde una variedad de entradas, tales como mercadotecnia, investigación y desarrollo y manufactura. El conocimiento se construye gradualmente en el tiempo según progresa el proyecto desde una idea inicial, generada a partir de una oportunidad de mercado o a partir de una tecnología disruptiva, y a través del desarrollo. Es este proceso el que forma las bases de los modelos de redes. (Nonaka y Takeuchi, 1995). Esencialmente, los modelos de *redes* enfatizan las ligas externas conectadas a las actividades internas que han mostrado su contribución para el exitoso desarrollo de productos. Existe evidencia sustancial que sugiere que las ligas externas pueden facilitar el flujo adicional de conocimiento hacia la organización, y por tanto enriquecer el proceso de desarrollo de productos. Estos modelos sugieren que el desarrollo de nuevos productos puede ser visto como un proceso de acumulación de conocimiento que requiere entradas desde una amplia variedad de fuentes. El modelo de la figura 2.8 ayuda a mostrar la acumulación de conocimiento en el tiempo.



Un modelo de redes para desarrollo de nuevos productos
 (Adaptado y traducido de *Innovation Management and New Product Development*, Trott, P., 2012)

Figura 2.8.- Modelo de redes para DNP
 Fuente: Trott (2012)

En los últimos 50 años han surgido varios modelos para el DNP que han ayudado a comprender el proceso. Por su naturaleza, los modelos intentan capturar y representar una noción muy compleja y al hacerlo, con frecuencia sobre-simplifican la realidad. Este es el argumento central de crítica hacia los modelos lineales de desarrollo de nuevos productos, son demasiado simplistas porque no proporcionan retroalimentación alguna acerca de actividades concurrentes. Como respuesta, los modelos más recientes, tales como los modelos de *redes* tratan de enfatizar la importancia de los vínculos internos y externos en los procesos de desarrollo de nuevos productos. Por su importancia y ser estos modelos la manifestación más actualizada en el tema, al final de este apartado se revisarán detalladamente los modelos de *redes*.

El Desarrollo Tecnológico y el DNP

Los procesos tradicionales para DNP están diseñados para proyectos bien definidos y previsibles, los desarrollos tecnológicos (DT), sin embargo, son por su naturaleza proyectos de alto riesgo con muchos aspectos desconocidos y grandes incertidumbres tecnológicas. Por ejemplo, en las primeras etapas de la vida de tales proyectos la probabilidad del éxito técnico puede ser muy baja y una probable solución técnica con frecuencia no puede ser anticipada. Puede tomar meses o años de trabajo de laboratorio encontrar una solución técnica y lograr la confianza de tener un resultado técnicamente positivo. El proceso tradicional de DNP requiere de un *caso de negocio* completo y un análisis financiero, antes de que se realicen compromisos importantes, pero en proyectos de DT los prospectos comerciales y la tecnología son comúnmente poco claros, especialmente al principio del proyecto cuando se requiere tomar decisiones acerca de dichos compromisos.

Muchas de las actividades requeridas en el proceso de DNP de la mayoría de las empresas, simplemente no se ajustan a un proyecto de DT. La revisión del proceso de nuevos productos en cualquier compañía invariablemente muestra una lista de tareas requeridas tales como “realizar un análisis de la competencia”, “hacer el trabajo de escuchar la voz del cliente” y “definir los beneficios del producto para el usuario”. Un estudio del Industrial Research Institute (citado por Cooper, 2006), revela que el 78% de los negocios se apoyan fuertemente en criterios financieros para seleccionar proyectos: criterios tales como utilidades anuales proyectadas, valor presente neto y ventas esperadas. Según el mismo estudio, cuando se emplean criterios cualitativos los más populares son el apalancamiento en las competencias clave (por ejemplo, el ajuste del proyecto con la planta o el ajuste con la base tecnológica de la empresa), el retorno sobre la inversión y el nivel de riesgo percibido. Estos criterios cuantitativos y cualitativos están bien cuando se conoce cuál es el mercado y el producto pero ¿cómo realizar la lista de tareas obligatorias y utilizar estos criterios cuando el mercado es desconocido y el producto ni siquiera está

definido? Más aún, la mayoría de los procesos de DNP en las empresas requieren una lista de entregables tales como un *caso de negocio* o un *plan de comercialización*.

Desafortunadamente, es una práctica común en las empresas administrar los proyectos de DT similarmente a la manera como se administran los proyectos para DNP. Esto puede conducir a tomar decisiones equivocadas por no contextualizar adecuadamente los tiempos, las actividades y la información ya que los objetivos y alcances de unos y otros proyectos son esencialmente diferentes. La mayoría de los modelos para DNP utilizados por décadas han sido aplicados a todo tipo de proyectos independientemente de que se trate de un DT o un DNP. En la práctica, la distinción no siempre es sencilla ya que en ocasiones no se conoce por anticipado el producto que se quiere lograr o no se sabe a ciencia cierta lo que se conoce de la tecnología..... ni se sabe lo que se desconoce de la tecnología. Esto hace necesario dimensionar en lo posible los alcances del proyecto con base en la categoría del nuevo producto. Si el producto corresponde a las categorías clasificadas como nuevas líneas de productos o productos *nuevos para el mundo*, seguramente requerirá de un proyecto de DT.

En años recientes, han aparecido versiones mejoradas de los modelos para DNP, el propio Cooper, consciente de las limitaciones de su modelo original desarrollado en 1986, El Sistema de Etapas y Compuertas (Stage-Gate®), desarrolló en 2006 un nuevo modelo para aplicarlo en procesos de desarrollo tecnológico (Cooper, 2006), término con que hace referencia a una clase especial de procesos de desarrollo donde los entregables son nuevos conocimientos, nuevas tecnologías, capacidades técnicas o plataformas tecnológicas. Estos procesos incluyen proyectos de investigación fundamental, proyectos de ciencia, de investigación básica y con frecuencia plataformas tecnológicas que frecuentemente conducen a múltiples proyectos comerciales y al DNP o nuevos procesos. Esta distinción es importante porque la nueva metodología propone gestionar los proyectos de DT y posteriormente iniciar el proyecto de DNP a partir de los resultados del primero, como se ilustra en la figura 2.9.

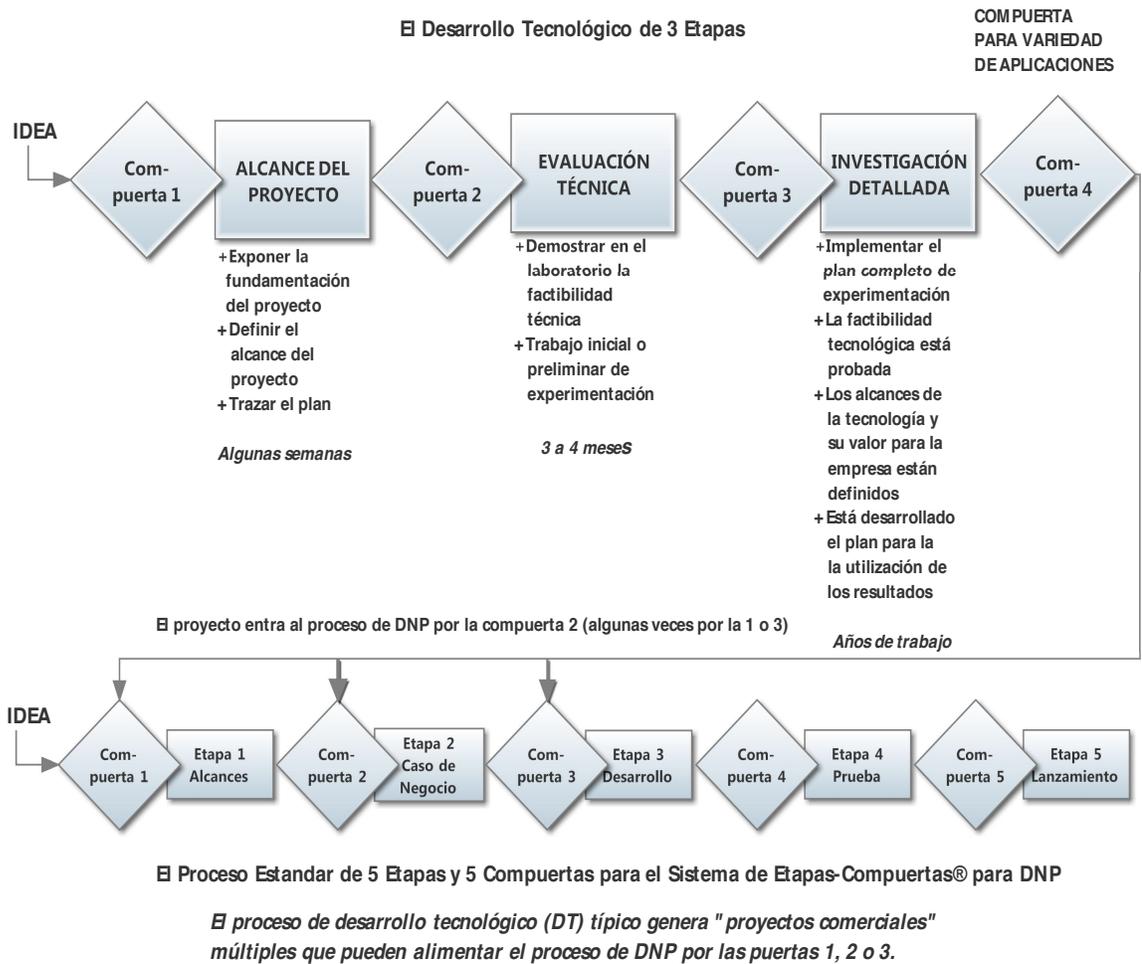


Figura 2.9.- Modelo para DNP a partir de un proyecto de DT
Fuente: Cooper (2006)

Durante algunos años los líderes en desarrollo de proyectos se han apoyado en procesos tipo “de la idea al lanzamiento”, tales como el de etapas y compuertas, con el propósito de impulsar los nuevos productos hacia el mercado. La conclusión en una conferencia de la PDMA, que se focalizó en desarrollos tecnológicos y en el “borroso extremo frontal” de los proyectos, fue que “muchas empresas han mejorado dramáticamente el tiempo ciclo de desarrollo y la eficiencia implementando sistemas formales de etapas y compuertas” pero el extremo frontal sigue siendo un misterio. El

consenso es que algunos procesos rigurosos de etapas y compuertas son deseables para proyectos de DT, pero que los procesos deben diseñarse a la medida para este tipo de proyectos.

Briones (2011), propone un enfoque alternativo para la gestión del proceso de innovación, más allá de las etapas y compuertas y para justificarlo cita a Clayton M. Christensen, crítico de tal sistema: “El sistema de etapas y compuertas no es adecuado para la tarea de evaluar innovaciones cuyo propósito es construir nuevos y crecientes negocios, pero la mayoría de las empresas lo siguen porque simplemente no ven otra alternativa. El sistema asume que la estrategia propuesta es la estrategia correcta, el problema es que excepto en el caso de innovaciones incrementales la estrategia correcta no puede ser conocida completamente por adelantado”. Briones critica los intentos de Cooper por adecuar su sistema: variaciones “Xpress” y “Lite” que continúan usando el enfoque lineal; “desarrollo en espiral” donde las iteraciones ocurren dentro de la etapa, sin mecanismos para empezar de nuevo; la “ejecución simultánea” y el “traslape de etapas” pueden también ser utilizados para resolver algunas de las deficiencias del sistema, pero no son suficientes para superar las restricciones del enfoque lineal.

Briones propone como solución modificar el sistema de etapas y compuertas (Stage-Gate®) para convertirlo en un enfoque realmente en espiral, el Spiro-Level®. El enfoque tiene tres niveles, los ejes son los recursos y el tiempo; los proyectos con alta incertidumbre empiezan en el nivel uno y se mueven desde el aprendizaje y descubrimiento hasta la definición y el pronóstico. El nivel 1 refiere el descubrimiento y administración del conocimiento, el nivel 2 el mapeo de las tecnologías y el nivel 3 es el modelo lineal de etapas y compuertas. Los proyectos con diferentes niveles de incertidumbre deben ser gestionados de manera diferente, porque tanto las expectativas como las herramientas para gestionarlos deben ser también ser diferentes. En la figura 2.10 se ilustra el modelo.

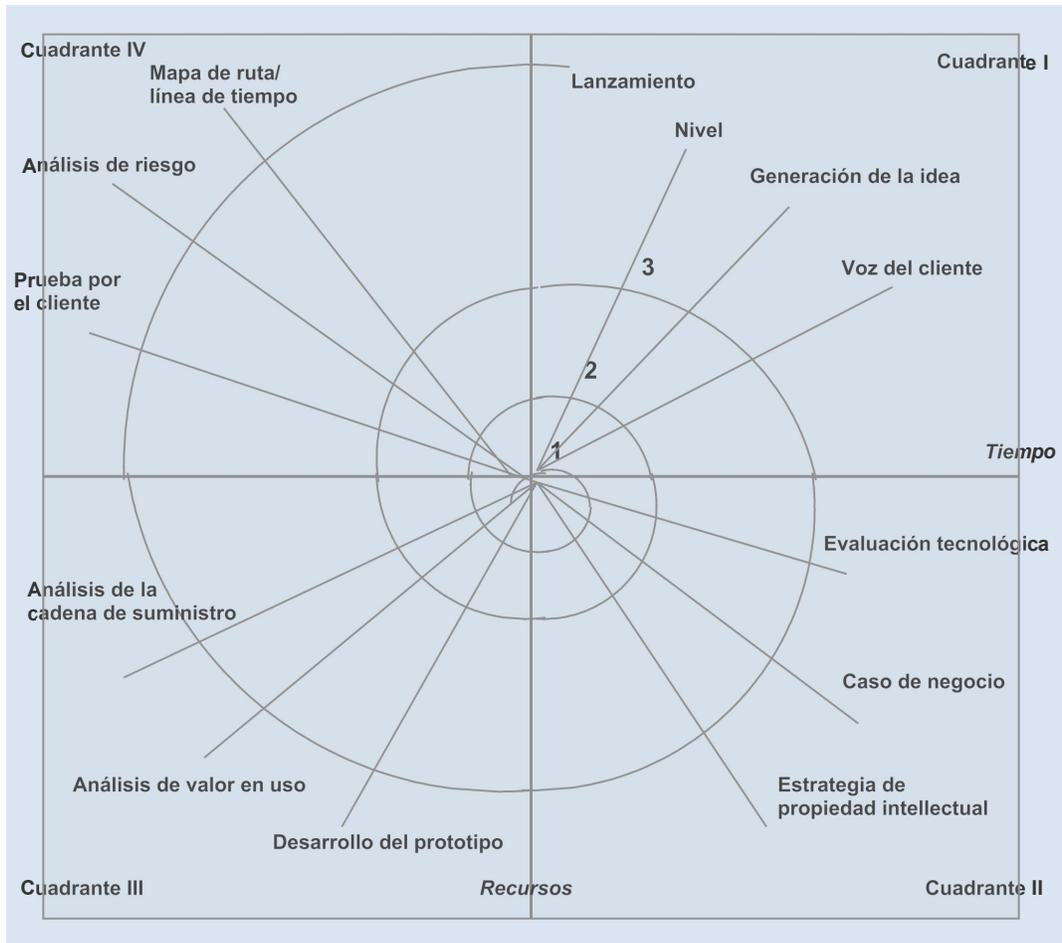


Figura 2.10.- El modelo de innovación Spiro-Level® en tres dimensiones
Fuente: Briones (2011)

El modelo enfatiza la necesidad de gestionar de manera diferente los proyectos, según el grado de incertidumbre que presentan y en la medida que evolucionan. Su utilidad se manifiesta principalmente en la administración del portafolio de proyectos

Del análisis de estas propuestas recientes se desprende una tendencia muy importante hacia una gestión de proyectos especializada en proyectos de DT o en proyectos de DNP, según el caso. Como ya se dijo, los proyectos de DT generan el conocimiento necesario constituyéndose así en las *plataformas* desde las que se lanzan los nuevos productos.

En las últimas décadas se ha acumulado un conocimiento considerable respecto al proceso de innovación continua o incremental. Mientras que mucho esfuerzo para mejorar el DNP se ha focalizado en los procesos relacionados con mejoras de producto, reposicionamiento o extensiones de línea, ha habido muy poca investigación focalizada en desarrollo de productos discontinuos.

La innovación discontinua implica un alto grado de incertidumbre tecnológica una secuencia de innovaciones y tiempos de desarrollo muy largos. Factores adicionales, tales como la incertidumbre de aplicaciones apropiadas de la tecnología, la mayor distancia y tiempo hacia el mercado tiempo y la poca familiaridad de los usuarios con los nuevos productos también afectan la naturaleza del proceso. Como un resultado de la influencia de estos factores, el desarrollo de productos discontinuos no se comporta de la manera descrita por los sistemas de DNP de decisión por etapas. En su lugar, los procesos de DNP discontinuos se comportan según se muestra la figura 2.11 (Veryzer, 1998):

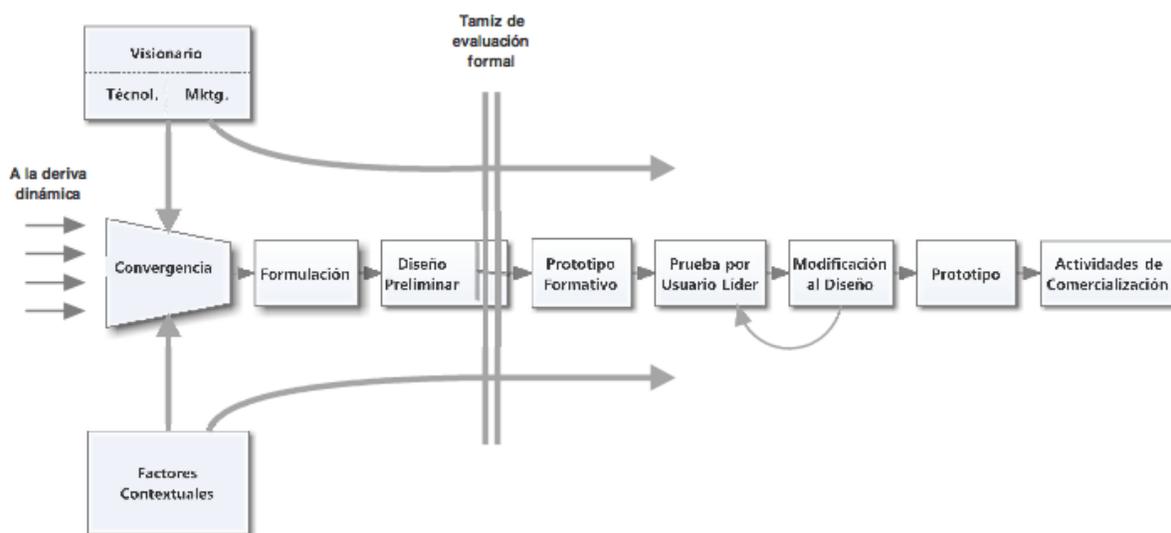


Figura 2.11.- Proceso de innovación de productos discontinuos
Fuente: Veryzer (1998)

Aunque las fases son mostradas en la figura como eventos discretos existe entre ellas un considerable traslape, especialmente en las últimas fases. El proceso se inicia por la convergencia de las tecnologías desarrolladas y varios factores contextuales y ambientales, aunados a la visión de un fuerte campeón de producto. La importancia de los campeones del producto para productos radicalmente innovadores ha sido reportada por Lee y Na (1994). Resultante de esta masa crítica, las tecnologías emergentes son formuladas en la aplicación de un producto. A diferencia del proceso de productos continuos, que usualmente implica una evaluación de mercado y un análisis financiero, previos al inicio del desarrollo, los procesos de desarrollos discontinuos implican la formulación de una aplicación del producto para la nueva tecnología de manera que la dirección y factibilidad del producto puede ser determinada.

En este proceso el prototipo se utiliza para explorar y formular los aspectos técnicos del producto y para desarrollar una aplicación para la nueva tecnología. El prototipo formativo permite que las actividades subsecuentes, tales como análisis de la oportunidad y selección del mercado objetivo, sean realizadas. Así, la informalidad o ausencia de actividades de pre-desarrollo no representa una deficiencia en el desarrollo de puntos discontinuos sino que es consistente con la lógica y necesaria progresión del proceso para este tipo de productos. Las actividades comúnmente asociadas al desarrollo de productos continuos son raramente posibles y no constructivas durante el desarrollo temprano de productos discontinuos nuevos. En efecto, parece ser que en algunos casos, actividades tales como la prueba del concepto y la evaluación del negocio pueden realmente obstaculizar las innovaciones mayores puesto que los usuarios potenciales no siempre son capaces de comprender completamente o apreciar los productos discontinuos o sus probables ramificaciones.

El entendimiento de las diferencias entre los proyectos para desarrollo de productos continuos y discontinuos es esencial para gestionar efectivamente estos últimos. Los proyectos para desarrollo de productos discontinuos, se focalizan en la aplicación de tecnologías emergentes mediante un DT en el que la construcción de

prototipos usualmente preceden al análisis de las oportunidades, la evaluación de la investigación del mercado y los análisis financieros. Es necesario distinguir entre la gestión de proyectos que entregan principalmente conocimiento, de aquellos que entregan un producto físico. No es de sorprender el énfasis que se da en la literatura a los modelos de gestión de proyectos de DNP. Este énfasis puede haber pasado por alto la necesidad de un enfoque sutilmente diferente en la administración de proyectos de DT para gestionar la innovación y la investigación tecnológica, en particular cuando no conducen directamente al lanzamiento de un nuevo producto.

Tecnologías clave y plataformas para DNP

El DT tiene un propósito amplio para la solución de problemas prácticos con ayuda de la técnica. Para ello se sirve de los resultados de la investigación de la ciencia básica, del conocimiento orientado a la aplicación y de experiencias prácticas. Su objetivo es la creación y cuidado del potencial de las *tecnologías genéricas*. Las *tecnologías genéricas* son aquellas que se destinan a una amplia diversidad de aplicaciones y no están confinadas en su aplicación o uso a una industria o a un sector específicos. Las *tecnologías genéricas* brindan un amplio espectro de oportunidades de aprovechamiento a través de muchos sectores. Para tomar ventaja de las oportunidades, las empresas de sectores específicos deben recurrir a las *tecnologías genéricas*, assimilarlas y adaptarla para estar así en condiciones de desarrollar productos específicos para la industria y para el mercado. Esto significa que las empresas necesitan fusionar las *tecnologías genéricas* con otras tecnologías, las *tecnologías clave* con miras a desarrollar productos cuyo destino final es el mercado. Esta fusión crea un *paquete tecnológico* que podría usarse de manera subsiguiente para desarrollar una diversidad de productos. De este modo, la selección de un *paquete tecnológico* adecuado es una característica importante y define de alguna manera, la trayectoria tecnológica y de desarrollo de productos a largo plazo en una empresa.

Los *paquetes tecnológicos* se representa con frecuencia como un *árbol de la tecnología* (Pervaiz K.A., 2012). La analogía del *árbol de la tecnología* es muy útil para ayudar a entender la diferencia entre DT y DNP. Si bien la regla general de representación es que las raíces definen las tecnologías clave, el tronco la industria, las ramas los sectores de negocio y las hojas los productos. En el ejemplo del árbol tecnológico de Canon (figura 2.12) se ha preferido destacar el tronco como un *paquete tecnológico* integrado por las *tecnologías clave* y las ramas como sectores de negocios o productos genéricos. El árbol tecnológico de Canon ilustra como las tecnologías evolucionan hacia el desarrollo de productos.

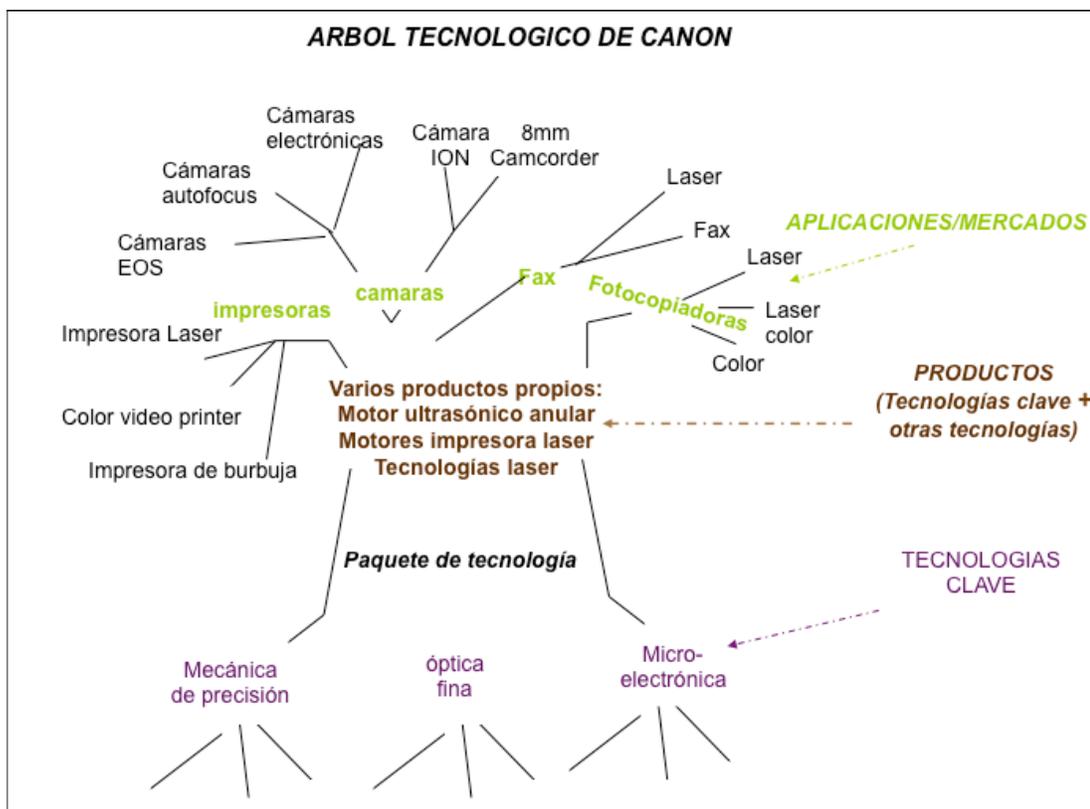


Figura 2.12.- El árbol tecnológico de Canon

Fuente: Adaptación a partir de Escorsa y Valls (2003)

El dominio de las *tecnologías clave* y el desarrollo de *paquetes tecnológicos* depende de la capacidad de absorción de las empresas para adquirir y utilizar el nuevo conocimiento que les es útil y aplicable (Cohen y Levinthal, 1990). Así, las

tecnologías clave se equiparan a las *competencias clave* (Prahalad y Hamel, 1990). Los proyectos de DT utilizan las *tecnologías clave* para generar conocimiento que puede ser aplicable a una amplia gama de productos para uno o varios segmentos industriales. Son imprescindibles para desarrollar *plataformas de productos*. El énfasis sobre la continuidad en el desarrollo de capacidades es también consistente con la idea de una *plataforma de productos* en evolución compartida con una familia de productos. Se utiliza el clásico ejemplo de esta idea en la industria automotriz, donde varios modelos individuales pueden compartir el mismo chasis básico, la suspensión y la transmisión. Se dice que una plataforma robusta es el corazón de una familia de productos exitosa, sirviendo como el cimiento de una serie de productos estrechamente relacionados. Algunas veces son requeridas plataformas completamente nuevas y capacidades enteramente nuevas. Cambios en el producto o en tecnología de manufactura, en la necesidad del cliente o lo que la competencia ofrece y como lo ofrece puede demandar cambios radicales en vez de cambios incrementales. El riesgo es aún mayor si significa la adopción de nuevas tecnologías fuera de la arena tradicional de la empresa (Trott, 2012).

El concepto del producto y la prueba del concepto en el proceso de DNP

El concepto del producto

Ideas, conceptos, nuevos productos son palabras de uso común, pero es necesario clarificarlas para su mejor entendimiento. La concepción de nuevas ideas es el punto inicial de la innovación, una nueva idea por si misma aunque es interesante, ni es una invención ni es una innovación, es simplemente una idea. El proceso de convertir las ideas en algo nuevo y tangible, es una *invención*. La innovación depende de las invenciones pero las invenciones necesitan ser aprovechadas comercialmente antes de que puedan contribuir a la innovación. Convertir las oportunidades de negocio en conceptos de producto implica transformar las ideas. En algunos casos la identificación de la oportunidad es suficiente para revelar el producto requerido. En otros casos el concepto es claro pero debe trabajarse en los detalles. Algunas veces

puede no ser clara la forma que tendrá el producto. La idea debe recorrer un largo camino antes de convertirse en un producto real.

Para que una idea se convierta en el concepto de un nuevo producto es necesario tomar en cuenta tres requisitos (Crawford and Di Benedetto, 2011):

- *Forma*: Es la cosa física que será creada, o en el caso de un servicio, es la secuencia de pasos por los cuales el servicio será creado. Puede ser una forma vaga y no definida con precisión.
- *Tecnología*: Son los medios por los cuales se logra la forma, es definida en innovación de productos como el poder para realizar el trabajo. En la mayoría de los casos hay claridad en la tecnología, base de la innovación.
- *Necesidad/Beneficio*: El producto tiene valor únicamente cuando proporciona un beneficio al consumidor que este percibe como satisfactor de una necesidad o deseo.

Dos de estas dimensiones pueden conjuntarse para crear un concepto, un producto potencial. Si se conjuntan las tres dimensiones surge un nuevo producto, que puede ser o puede no ser exitoso. Esta conjunción podría enunciarse de la siguiente manera: *La tecnología permite desarrollar una forma que proporciona un beneficio*. Si cualquiera de las tres dimensiones falta, no puede haber una innovación de producto. Llama la atención el hecho de que el proceso de innovación puede comenzar con cualquiera de las tres dimensiones y en cada caso particular cualquiera de las otras dos dimensiones puede ser la segunda (figura 3.1). Sin embargo, considerar la necesidad/beneficio al final es muy riesgoso puesto que significa una solución tratando de encontrar un problema. DuPont, por ejemplo, invirtió algunos años tratando de encontrar aplicaciones donde Kevlar pudiera rendir beneficios rentables. La experiencia de Apple con el asistente personal Newton Message Pad muestran los riesgos que las empresas toman cuando ponen los beneficios al final.

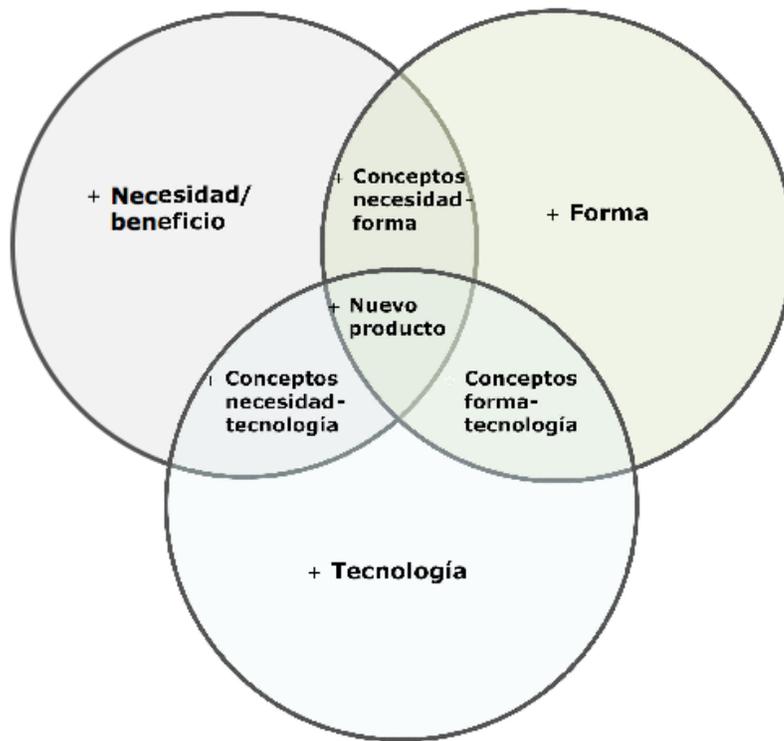


Figura 3.1.- El concepto del nuevo producto
Fuente: Crawford y Di Benedetto (2011)

Una vez que aparece un concepto con dos de las tres dimensiones es necesario tamizarlo, antes de emprender su desarrollo. Para ello se requiere, en primera instancia, una declaración del concepto de producto. Al revisar tal declaración, el personal técnico y los usuarios potenciales deben decir si vale la pena desarrollar el concepto.

El concepto es el pensamiento expresado en palabras que posibilita la descripción, la clasificación y la previsión de lo que será. La finalidad primordial y fundamental del concepto al ser la misma que la del lenguaje, es la comunicación. El *concepto* es la esencia de las cosas y precisamente su esencia necesaria, aquello por lo que no pueden ser diferentes de lo que son. El *concepto* es también un *signo* del objeto y se encuentra en relación de *significación* con el objeto (Abbagnano, 2010). El concepto del producto es la comunicación dirigida a un grupo objetivo de usuarios

potenciales, para describirles la esencia del producto, destacando los beneficios que proporcionarán los atributos y las características del mismo. Es una proposición, y al mismo tiempo una promesa, de que el producto atenderá las necesidades detectadas.

La creatividad y el tamizado de ideas

La creación del *concepto del producto* es una actividad creativa. Es la actividad con la que se inicia el proceso de DNP, sin embargo, el *concepto del producto* esta presente durante todo el proceso de DNP. Desde una perspectiva organizacional, la creatividad es un proceso orientado a generar de forma consistente resultados diferentes y valiosos. Ya sea que se trate de un mejoramiento gradual o de un avance radical, los resultados creativos son una consecuencia del hecho de hacer conexiones mentales originales y únicas. Esto implica “pensar de forma divergente”. Según Joseph V. Anderson, 1992, hay tres grandes formas de creatividad (citado por Ahmed, P.K., 2012):

- Creación: actividad de hacer algo a partir de nada (creatividad que hace cosas).
- Modificación: es al acto de alterar algo que ya existe de tal modo que, a) pueda a ejecutar mejor su función, b) de realizar una función nueva, c) llevarse a cabo en un ambiente diferente, o bien, d) ser útil para alguien nuevo (creatividad que cambia las cosas).
- Síntesis: es el acto de relacionar dos o más fenómenos que antes no estaban vinculados. La creación es algo benéfico, pero la síntesis es el motor real de la supervivencia y la prosperidad (creatividad que combina las cosas).

El propósito de la generación de ideas es crear un buen número de buenas ideas mediante el pensamiento divergente. La divergencia le da sustento al proceso creativo, amplía el número de soluciones potenciales gracias al ejercicio del proceso. La convergencia filtra y descarta las opciones que no son factibles. Como se ilustra en la figura 2.14 la creatividad está presente en todo el proceso de DNP. La creatividad abarca la totalidad del proceso, no está confinada a la etapa de generación de ideas.

El insumo creativo es fundamental tanto para las actividades de desarrollo, pruebas, manufactura, mercadotecnia y ventas como lo es para la conceptualización de la idea inicial. Es tan relevante en las primeras etapas del proceso de DNP como en la etapa final.

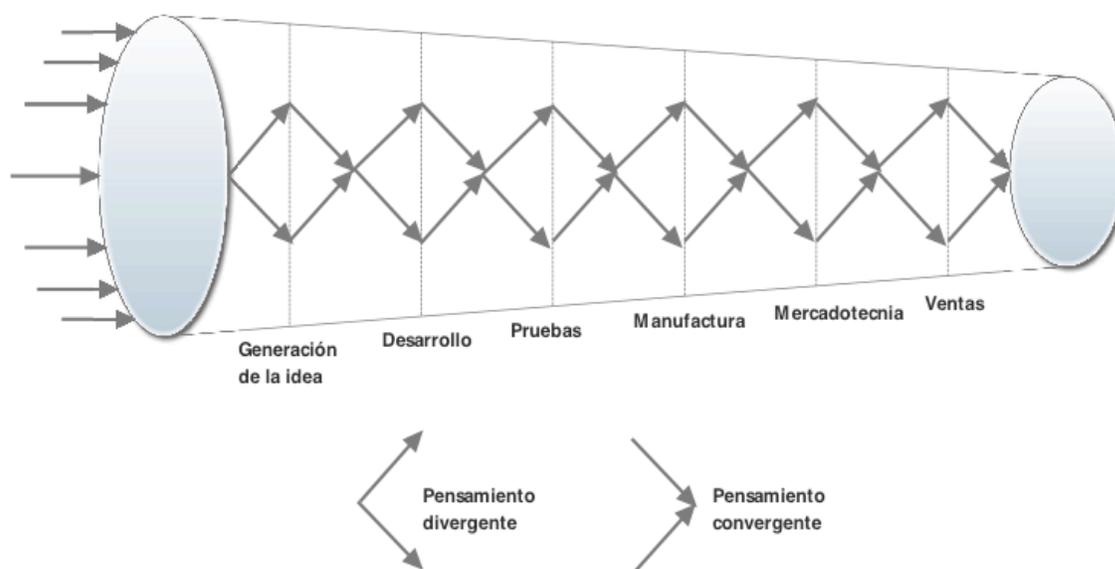


Figura 3.2.- Naturaleza de la creatividad en el proceso de DNP: divergencia y convergencia
Fuente: Ahmed (2012)

La primera etapa en el DNP es el tamizado o cribado de ideas, es esencialmente un proceso de evaluación. No es una actividad simple que se desarrolla en una sola ocasión, ocurre en cada etapa del proceso de DNP, buscando dar respuesta a preguntas tales como:

- ¿Se cuenta con la experiencia y conocimiento comercial necesario?
- ¿Se cuenta con el saber-hacer técnico para el desarrollo posterior de la idea?
- ¿Será el producto adecuado para este negocio?
- ¿Qué seguridad existe de que habrá suficiente demanda?

El propósito principal del tamizado de ideas es seleccionar aquellas que pueden ser exitosas y eliminar las que probablemente no lo serán. Aquí reside la dificultad, tratar de identificar qué ideas pueden ser exitosas y cuales no es extremadamente difícil. Muchas empresas exitosas han cometido graves errores en este punto. Ocurre un error de desecho cuando se rechaza una buena idea. Ocurre un error de continuación cuando se deja que una mala idea prosiga en su desarrollo y comercialización (Kotler, P., 1985). Es necesario distinguir entre las oportunidades que la empresa puede aprovechar con el desarrollo de un producto de aquellas que no convienen y también distinguir entre las que probablemente generarán ingresos de aquellas que no lo harán.

La investigación de mercados proporciona claramente en esta etapa un valioso insumo de análisis del mercado para ayudar en el proceso de decisión. Este análisis, junto con otras actividades, frecuentemente asociadas con la actividad de tamizado tales como prueba del concepto, prueba del producto y prueba del mercado son una diversa variedad de actividades con etiquetas muy similares que las organizaciones utilizan con frecuencia. Las siguientes representan una visión general de las muchas actividades asociadas con el proceso de tamizado.

Tamizado inicial o preliminar.- Este tamizado representa la primera evaluación formal de la idea. Implica comprobar la viabilidad técnica y una prueba de la viabilidad del mercado, frente a la oportunidad estratégica. Esto incluye evaluar si el producto se ajusta a las actividades existentes del negocio. La ventaja del tamizado temprano es que puede hacerse rápida y fácilmente, previniendo gastos en ideas de producto que claramente no son apropiadas para la empresa.

Tamizado con el usuario o prueba del concepto.- Este tamizado puede variar desde discusiones informales con usuarios potenciales hasta retroalimentación acerca de prototipos desarrollados. La prueba del concepto es extremadamente difícil y se puede incurrir fácilmente en errores porque las personas tienen dificultad para

reaccionar a conceptos de productos enteramente nuevos sin un período previo de aprendizaje.

Tamizado técnico o prueba técnica.- La prueba técnica puede variar desde unas cuantas llamadas telefónicas a expertos técnicos hasta extensos análisis por departamentos de I+D propios o independientes, frecuentemente laboratorios universitarios.

Análisis del negocio.- El análisis del negocio puede implicar la construcción preliminar de plan de mercado y plan técnico, revisiones financieras y proyecciones de presupuesto. El análisis puede mostrar problemas potenciales que no fueron vistos previamente. No es nada raro llegar a la etapa de producción masiva encontrar dificultades de manufactura significativas frecuentemente cuando la producción se escala desde un solo prototipo hasta la manufactura de alto volumen.

Las ideas que sobreviven al tamizado deben someterse a un estudio adicional hasta llegar a un concepto de producto totalmente maduro. La empresa tiene la idea de un producto, pero los consumidores no compran ideas, compran conceptos de productos. Una idea de producto tiene un gran número de conceptos alternativos, dependiendo de quién va usar el producto, el beneficio primario que debería incorporarse en ese producto, bajo que situación primaria se usaría el producto. Al formularse este tipo de interrogantes una empresa puede formar muchos conceptos alternativos de productos. Luego la empresa debe estrechar la elección a uno de estos conceptos, para ello introduce criterios de lo que quiere lograr con el producto, en función de su estrategia, utilidades, volumen de ventas, línea de productos, utilización de capacidad ociosa, etc. Siguiendo estos pasos, la empresa confía en llegar a conceptos viables de producto que necesitan ser probados.

El concepto del producto es el puente entre la idea y el plan de negocios. Es el pensamiento expresado en palabras que posibilita la descripción, la clasificación y la previsión de lo que será el producto. La finalidad primordial y fundamental del

concepto del producto es la comunicación dirigida a un grupo objetivo de usuarios potenciales, para describirles la esencia del producto, destacando los beneficios que proporcionarán los atributos y las características del mismo. Es una proposición, y al mismo tiempo una promesa, de que el producto atenderá las necesidades detectadas.

La prueba del concepto

El desarrollo del concepto del producto es un proceso motivado por las necesidades del cliente y el cumplimiento de las especificaciones del producto objetivo, que se transforma en un conjunto de diseños conceptuales y de potenciales soluciones tecnológicas. Estas soluciones representan una descripción aproximada de la forma, los principios de funcionamiento y las características del producto. Esta descripción del concepto es a menudo acompañada de modelos de diseño industrial y de prototipos experimentales que ayudan a probar el concepto y a tomar decisiones. No obstante, la falta de buena información complica toda la evaluación técnica. De hecho, las tres primeras etapas: planeación estratégica, generación del concepto y especialmente la evaluación del concepto y del proyecto, comprenden lo que es popularmente conocido, en la jerga del DNP, como el “inicio difuso” (“fuzzy front end”).

Una vez que ha sido declarado el concepto del producto, la forma, la tecnología y el beneficio están definidos y marcan la pauta para todo el DNP. Sin embargo, hasta que se prueba el concepto se puede tener una definición del producto y/o una descripción del producto mediante un protocolo. Para este propósito el protocolo es el acuerdo, entre las personas que representan las diferentes funciones, que se establece antes de comenzar con un trabajo técnico extenso. El protocolo deberá destacar los beneficios que el nuevo producto aportará y en cuanto a las características, solamente aquellas de carácter normativo (Crawford and Di Benedetto, 2011). Si bien esto equivale a “congelar” el concepto del producto, este seguirá evolucionando a través de las etapas posteriores de desarrollo y lanzamiento

por la influencia de la tecnología y el mercado, como se ilustra en la figura 3.3 y se describe a continuación:

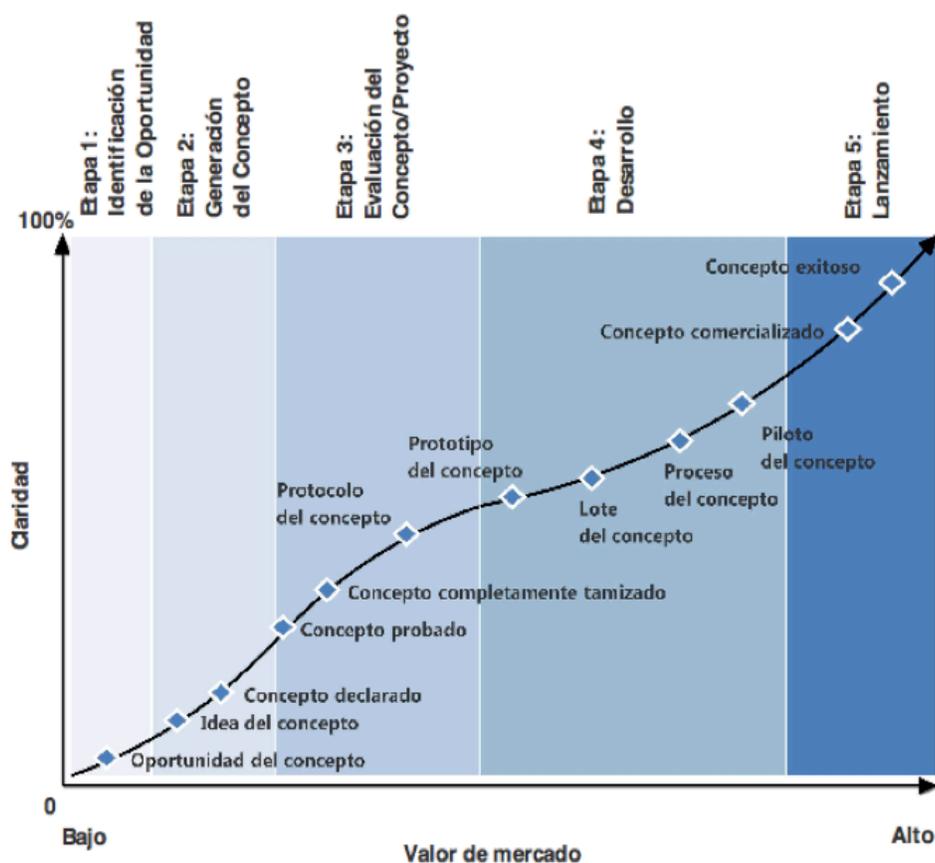


Figura 3.3.- La evolución de concepto a nuevo producto
Fuente: Crawford and Di Benedetto, (2011)

Etapa 1: Identificación de la oportunidad

Oportunidad del concepto.- Nace de una competencia o de un recurso de la empresa o de una necesidad del cliente o usuario.

Etapa 2: Generación del Concepto

Idea del concepto.- La aparición de la primera una idea

Concepto declarado.- La declaración del beneficio conjuntamente con una forma o con una tecnología.

Etapa 3: Evaluación del Concepto/Proyecto

Concepto probado.- El concepto ha pasado una prueba con el usuario final que necesitas ser confirmada.

Concepto totalmente tamizado.- El concepto ha pasado la prueba de ajustarse a la situación de la empresa.

Protocolo del concepto.- Se ha definido el producto. La definición incluye el mercado y usuarios previstos, el problema percibido y los beneficios que aportaría, además de las características para cumplir con las normas del sector industrial.

Etapa 4: Desarrollo

Prototipo del concepto.- Un producto físico tentativo o un procedimiento del sistema, incluyendo características y beneficios.

Lote del concepto.- Puede realizarse la primera prueba completa de ajuste con manufactura. Se ponen por escrito las especificaciones estableciendo exactamente lo que será el producto, incluyendo características y normas.

Proceso del concepto.- El proceso de manufactura esta totalmente terminado

Piloto del concepto.- Un suministro del nuevo producto, producido en cantidad en una línea piloto de producción, en cantidad suficiente para pruebas de campo con usuarios finales.

Etapa 5: Lanzamiento

Concepto comercializado.- Resultado del proceso de escalamiento desde el piloto. El producto es realmente comercializado ya sea para una prueba de mercado o un lanzamiento a escala total.

Concepto exitoso.- Logra las metas del nuevo producto establecidas al principio del proyecto (rentabilidad, participación de mercado, licenciamiento de tecnología).

Es extremadamente difícil distinguir entre las actividades de la *prueba del concepto*, desarrollo del *prototipo* y *prueba del producto*. Las actividades están

íntimamente relacionadas e interconectadas. Hay una considerable cantidad de iteraciones. *Conceptos del producto* son desarrollados como *prototipos* sólo para ser rápidamente re-desarrollados atendiendo a respuestas técnicas de producción o de I+D. Similarmente, los primeros *prototipos* del producto pueden cambiar casi a diario por la amplia variedad de entradas que son recibidas del mercado (Trott, 2012). La figura 2.16 muestra como se relacionan estas actividades.

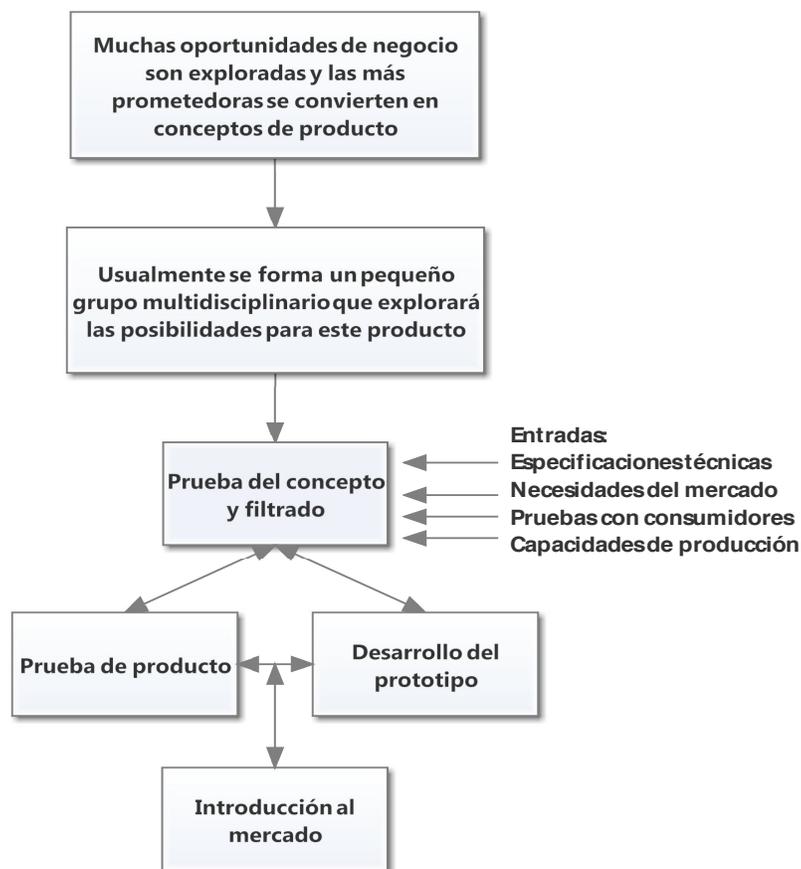


Figura 3.4.- Concepto de producto y prueba de prototipo
Fuente: Trott 2012

El desarrollo del prototipo del producto es la la fase en la cual el concepto adquiere una forma finita y viene a ser un bien tangible. Los diseñadores de productos pueden desarrollar varios prototipos similares con estilo diferente y los temas de manufactura, tales como los procesos a utilizar pueden también discutirse. Reducir el tiempo para el desarrollo productos es una de las mayores prioridades de las

empresas especialmente en el mercado de artículos de consumo. El prototipado rápido ha tenido un desarrollo significativo. Es el proceso para desarrollar rápidamente prototipos de producto para que sean considerados por la empresa. La estéreo-litografía es la tecnología de prototipado rápido más ampliamente utilizada en la actualidad.

La *prueba del concepto* consiste en presentar una descripción del producto a un grupo adecuado de usuarios objetivos para medir el grado de aceptación. Es una herramienta poderosa para determinar si un producto tiene viabilidad en un mercado. Para poder utilizarla adecuadamente, se requiere de mucha experiencia en la interpretación de datos de estudios de mercado, de la adecuada utilización de valores de referencia (benchmarks) con los que se puedan hacer diagnósticos, de talento en el diseño de la investigación y en ocasiones, hasta de buena suerte, para que la *prueba de concepto* pueda ser utilizada con fines predictivos. (Alagón, 2001).

La *prueba del concepto* requiere que este, el concepto, sea presentado a un grupo de usuarios meta para obtener sus reacciones. En esta etapa los *conceptos* pueden presentarse simbólica o físicamente. Por lo regular basta una descripción de palabra y/o una descripción gráfica, aunque la confiabilidad de la *prueba de concepto* aumenta en la medida que sea más concreto y físico el estímulo. Entonces se pregunta a los usuarios cuás es su reacción ante cada *concepto* y sus atributos específicos. La prueba debe incluir las siguientes preguntas:

- ¿Es el concepto claro y fácil de entender?
- ¿Ve usted en este producto algunos beneficios distintivos sobre ofertas de la competencia?
- ¿Encuentra usted que son creíbles el concepto y sus demandas?
- ¿Le gusta este producto más que los de sus competidores principales?
- ¿Compraría usted este producto?
- ¿Reemplazaría usted su producto actual por este nuevo?
- ¿Llenaría este producto una verdadera necesidad de usted?

- ¿Que mejoras sugiere usted en varios atributos del producto?
- ¿Con qué frecuencia compraría usted este producto?
- ¿Usaría usted este producto?
- ¿Cual opina usted que debería ser el precio de este producto?

La metodología se aplica a cualquier producto servicio o idea, como un automóvil eléctrico, un nuevo servicio bancario, un buen tipo de museo o un plan de sanidad. En muchas empresas se piensa que la tarea se ha cumplido cuando llegan a una *idea* concreta del producto, no la hacen madurar hasta un *concepto* completo para sujetarlo a una adecuada *prueba de concepto*. Posteriormente el producto se enfrentará a todo tipo de problemas en el mercado que hubieran podido evitarse si la empresa hubiera hecho un buen trabajo de creación y *prueba de concepto* (Kotler, P. 1985). La inversión vale la pena, se ha demostrado como el uso de técnicas profundas de conocimiento de los consumidores pueden: a) soportar la identificación de oportunidades de mercado, b) tener la seguridad que las tecnologías aplicadas son aceptables para los consumidores, c) ayudar en la selección y optimización de conceptos de nuevos productos y su comunicación al respecto y d) utilizar prototipos de prueba antes del lanzamiento final (Grunert, 2011).

Tener un *concepto* atractivo para un producto es un avance importante, aún en situaciones en donde la inspiración haya estado presente, pero tiene que atarse con un producto que tenga no tan solo un buen desempeño, sino que además, sea congruente con el *concepto*. Así como la *prueba de concepto* consiste en demostrar que las ideas que se comunican, explicándolas con palabras, en una teoría, en un diagrama, en una maqueta o en una formula química, realmente trabajan mediante alguna combinación mecánica, química, eléctrica o electrónica, por nombrar algunas, las *pruebas de producto*, realizadas a partir de una *premisa básica de funcionamiento* (Cordero, 2011), sujeta a experimentación, juegan un papel fundamental en la etapa previa al desarrollo del producto. Ningún producto existe sin antes haber sido una idea subsecuentemente conformada mediante la *experimentación*. Actualmente, cualquier desarrollo de producto implica numerosos experimentos con el propósito de aprender,

mediante una serie organizada de pruebas, si el *concepto de producto* o propuesta técnica de solución promete resolver una necesidad o problema. (Thomke, 2003). La satisfacción de la *premisa básica de funcionamiento*, lograda por el aprendizaje derivado de la *experimentación* resuelve, en una primera instancia, la *esencia y función del concepto* desde la perspectiva tecnológica. Mediante la experimentación es posible probar el *concepto* y su funcionamiento, tanto en prototipos virtuales como reales.

Podría decirse que la *prueba de concepto* es el paso más importante en el proceso de DNP. El desarrollo del concepto/producto es de naturaleza iterativa. Idealmente la *prueba del concepto* debería ser realizada en cada etapa del proceso de DNP no únicamente para que el concepto fuera revaluado y mejorado sino que el concepto también debería ser expuesto a la dinámica del mercado en la medida que evoluciona en el tiempo. Esto es particularmente relevante para ciclos de desarrollo que tienen lapsos de años más que de meses. Sin embargo, la realidad de tiempo y costo con frecuencia limita alcanzar este ideal (Fraser, 1994).

La prueba de mercado

El principal objetivo de la prueba de mercado es estimar la reacción de los usuarios ante el nuevo producto, previamente a la potencial realización de costosas erogaciones en producción y promoción. Para lograr este objetivo es necesario considerar, entre otros, los siguientes factores:

El mercado:

- patrones actuales de compra
- sectores existentes
- percepciones del cliente acerca de los productos disponibles

La intención de compra:

- prueba y repetición de compra

- barreras para cambiar de marcas
- costos cambiantes

Las mejoras en los nuevos productos:

- concepto global del producto
- características del concepto de producto

Todos estos factores están relacionados y son usualmente cubiertos en las pruebas de nuevos productos con los consumidores y son referidos como necesidades y preferencias de los consumidores.

El enfoque tradicional para DNP implica una etapa significativa dedicada a la *prueba del mercado*. Los productos desarrollados son presentados a una muestra representativa de la población para evaluar las reacciones del mercado. Esto es usualmente realizado previamente a un lanzamiento del producto a escala completa.

La prueba de mercado.- La *prueba de mercado* puede ser más o menos compleja de realizarse en función de tres variables principales: el sector industrial, el tipo de tecnología utilizada en el desarrollo del producto y la clasificación del nuevo producto, según la topología anteriormente referida. Existen sectores industriales con una dependencia científica importante como es el caso de la industria farmacéutica en donde la *prueba del concepto* se realiza en etapas tempranas dentro de sus mismos laboratorios al estudiarse a nivel molecular las sustancias activas y los efectos observados en animales, antes de estén listos para pasar a las pruebas clínicas. En estos casos la participación del usuario es totalmente pasiva. En otros sectores como el alimenticio, el desarrollo exitoso de un nuevo producto requiere información de los usuarios durante todo el proceso de DNP, desde la identificación de las oportunidades mediante el *cribado de ideas*, desarrollo de *conceptos*, desarrollo de *prototipos* físicos y lanzamiento

Actualmente es comúnmente aceptado que las innovaciones se logran mediante un proceso iterativo de generación de conocimiento y aplicación. Por una

parte, las innovaciones más avanzadas, están mayormente soportadas por conocimientos científicos generados en universidades y centros de investigación. Tal conocimiento es con frecuencia intercambiado mediante interacciones personales a nivel local o regional. Por otra parte, las innovaciones incrementales y adopción de nuevas tecnologías parecen ocurrir por la interacción con socios de negocios, proveedores y clientes, en el sector industrial.

Prueba de mercado de artículos de consumo.- El propósito de la *prueba de mercado* de productos para el consumidor es descubrir la forma en que los clientes y el comercio reaccionan al manejo, uso y repetición de compra del artículo y que tan grande es el mercado. Cuando se trata de pruebas la los consumidores lo que a la empresa le interesa es hacer estimados de los principales componentes de ventas, específicamente, *prueba, primera repetición y frecuencia de compra*. En algunos casos encontrará que muchos consumidores prueban el producto pero no vuelven a comprarlo, lo que demuestra una falta de satisfacción con el. O bien, podrían descubrir un gran número de repetición de compras la primera vez pero después, un rápido efecto de desgaste. O bien, podría encontrar una elevada adopción permanente pero poca frecuencia de compra debido que los compradores han decidido usar el producto únicamente en ocasiones especiales. Cuando se trata de probar el comercio, la empresa quiere saber qué tantos y qué tipo de distribuidores manejarán en el artículo, bajo que condiciones y con qué compromiso respecto a la posición en el anaquel.

Prueba de mercado para artículos industriales.- Los nuevos artículos industriales típicamente se sujetan a una extensa prueba del producto en los laboratorios, a fin de medir su funcionamiento, confiabilidad, diseño y costos de operación. De acuerdo con los resultados satisfactorios, muchas empresas procederán a comercializar producto, sin embargo, en la actualidad número de empresas y concentrando prueba mercado como paso intermedio. Esta prueba de mercado puede indicar: 1) como se comporta el producto bajo condiciones de operación reales en manos del cliente, 2) cuáles son las principales influencias de

compra, 3) como reaccionan a diferentes influencias de compra ante los precios alternativos métodos de venta, 4) cual es el potencial de mercado y 5) cuáles son los mejores sectores de mercado.

La prueba de mercado no se usa típicamente para probar el mercado de productos industriales, resultaría demasiado costoso. El método más común es una prueba de uso del producto similar a la prueba de uso en el hogar de artículos para consumidor. El fabricante selecciona un pequeño grupo de probables clientes que estén de acuerdo usar el nuevo producto durante un periodo limitado. Este producto puede utilizarse en la planta del fabricante, pero lo más general es que se utilice en la del cliente. Personal técnico del cliente observa como emplean los trabajadores el producto, lo que a menudo revela problemas no anticipados de seguridad y servicio. Estos indicios dan a conocer al fabricante las necesidades de adiestramiento del cliente y requisitos de servicio. Después de la prueba el cliente tiene oportunidad de expresar su intención de compra y otras reacciones.

Un segundo método común de probar el mercado es exhibir el nuevo producto industrial en exposiciones industriales. Estas exposiciones suelen atraer un gran número compradores para ver los aparatos concentrados, en unos cuantos días. El fabricante puede ver qué tanto interés demuestran los compradores en el nuevo producto, como reaccionan a diversos aspectos y condiciones y que tantas intenciones de ordenar o comprar expresan. La desventaja está en que la exposición industrial revela el producto a todos los competidores y el fabricante debe estar ya listo para lanzarlo en ese momento.

Algunos fabricantes han hecho uso del *mercado de prueba o controlado*. Con tal fin, produce una cantidad limitada de productos a través de subcontratistas y los turna al personal responsable de venderlo en un conjunto limitado de áreas geográficas la las que se dará apoyo promocional. De este modo la gerencia puede ganar experiencia respecto a lo que podría ocurrir bajo ventas a gran escala y estar mejor posición para tomar una decisión final respecto a su lanzamiento.

La comercialización no es necesariamente la etapa en la cual grandes sumas de dinero son gastados en campañas de publicidad o en plantas de producción multimillonarias, puesto que una empresa puede retirarse de un proyecto en función de los resultados de la prueba de mercado. Es importante recordar que para algunos productos, como los del sector farmacéutico, la decisión para financiar un proyecto con 10 años de investigación se toma en etapas tempranas del DNP y es ahí es donde se incurre en la mayor parte de los costos. En el otro extremo, en los bienes de consumo con rápido movimiento, como alimentos, la publicidad es una gran parte del costo, entonces la decisión se toma en el transcurso de la etapa de lanzamiento.

Desarrollo del producto.- El desarrollo del producto debe cumplir con los requisitos que cada sector industrial impone para la certificación de los productos ya sea en forma de normas, especificaciones y protocolos de prueba y esto puede implicar mayores o menores inversiones en recursos y tiempo. Por otra parte, la posible aceptación del producto por parte de los usuarios puede requerir de diversas pruebas de mercado que van desde degustaciones de productos alimenticios, prueba de software en oficinas, hasta tratamientos médicos temporales en el caso de productos farmacéuticos. El nivel de demanda tecnológica y mercadotécnica varía considerablemente de sector a sector y las empresas inmersas en ellos deben desarrollar competencias y capacidades específicas para atenderla. En la mayoría de los casos, la exitosa comercialización de una innovación requiere que el *saber-hacer* en cuestión sea utilizado en conjunto con servicios tales como mercadotecnia, manufactura competitiva y soporte de post-venta, estos servicios son frecuentemente obtenidos de *activos complementarios* (Teece, 1998).

Los *activos complementarios* pueden ser genéricos, especializados o co-especializados los activos genéricos son de propósito general, no necesitan ser hechos a la medida de la innovación, por ejemplo, las facilidades de manufactura para producir botas de montar. Los activos especializados son aquellos de los cuales depende la innovación, están hechos a la medida de tal innovación. Los activos co-

especializados son aquellos por los cuales hay dependencia mutua, por ejemplo, el embarque por contenedores requiere un despliegue de activos co-especializados en barcos y terminales especialmente diseñadas. El disponer de dichas competencias y capacidades, ya sean propias o subcontratadas, y la adecuada gestión del proceso, distingue a las empresas innovadoras.

Influencia relativa de la mercadotecnia y la tecnología en el DNP

El concepto de un nuevo producto nace de la conjunción de dos de las tres dimensiones ilustradas en la figura 3.1, si falta cualquiera de las tres dimensiones: beneficio, forma y tecnología, no puede haber una innovación de producto. La necesidad o beneficio que se manifiestan en el mercado requieren ser satisfechas por la tecnología, “empaquetada” en una forma de producto. Así, el *concepto del producto*, y su prueba, tienen implicaciones más allá del mercado porque es necesario crear un producto técnicamente factible. No solo la tecnología sino la ciencia misma hacen eventualmente posible la existencia de un producto con los atributos manifestados por los usuarios, adicionalmente a los que debe satisfacer conforme a normas y especificaciones propias de su sector. Adicionalmente, requieren definirse y probarse los procesos, instalaciones y equipo que harán posible su producción a costos competitivos. De aquí que el *concepto del producto* requiere de algunas inversiones para que pueda ser probado, como prototipo, antes de embarcarse en el desarrollo del producto y realizar inversiones mucho mayores.

Lo anterior, obliga a preguntarse cuál es la influencia relativa de la mercadotecnia y la tecnología en el DNP y particularmente en el tipo de innovación resultante. Esta es una pregunta a la que solo es posible responder en cada caso particular ya que la innovación en general y el DNP en particular, son altamente dependientes del contexto, Una simple pero útil manera de percibir esto es dividiendo el rango de actividades involucradas en el DNP en actividades tecnológicas y en actividades de mercadotecnia (figura 3.5).

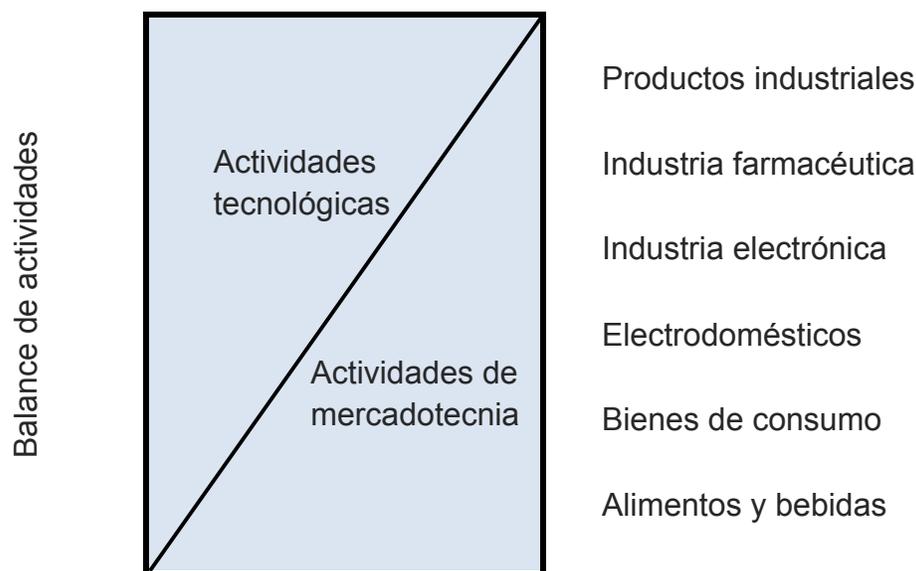


Figura 3.5.- Clasificación de actividades de DNP en diferentes industrias
Fuente: Trott (2012)

Sí la gestión del proceso depende del tipo de producto ha desarrollar, cabría preguntarse ¿Qué función lidera la innovación de productos en las empresas, mercadotecnia o I+D. Es una pregunta importante que debe formularse cuando se trata de evaluar y decidir el peso que a cada función se le asignaría ya que dependiendo de la decisión que se tome resultará un diferente rendimiento del negocio. Los enfoques a la innovación por mercadotecnia son dramáticamente diferentes a los enfoques a la innovación por I+D o ingeniería, de manera que los resultados pueden ser dramáticamente diferentes. Entonces, surge otra pregunta importante ¿que grupo con relación al otro mejorará la rentabilidad para la empresa, la innovación impulsada por la tecnología o la innovación impulsada por el mercado?

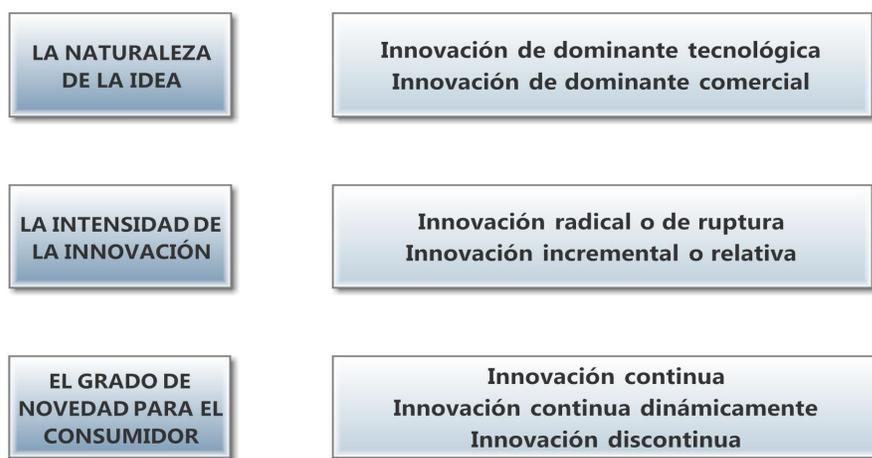
Adicionalmente a la rentabilidad existe otro factor estratégico a considerar igualmente importante. Los recursos asignados a una función sobre la otra también resultará en una diferente clase de innovación. La innovación impulsado por el mercado tiene su origen en lo que se considera que es vendible, mientras que la innovación impulsada por la tecnología surge de lo que se considera que es

técnicamente posible. De aquí surge otra pregunta ¿Que función entrega el tipo de innovación que mejor se ajusta a la estrategia de crecimiento de la compañía?

La respuesta a la pregunta inicial de quien lidera la innovación en las empresas sigue siendo difícil de contestar. Una respuesta tentativa es afirmar que el liderazgo en la innovación debe ser compartido entre las dos funciones y por todas las demás en la empresa. No hay seguridad en esta respuesta. Para una empresa que sabe exactamente qué necesitan sus clientes es entonces un asunto de desarrollar precisamente eso que quieren. En este caso un enfoque de innovación impulsado por la tecnología tiene mucho sentido; Apple (Jobs, S., 2008) o L'oreal, por ejemplo, virtualmente no realizan investigación de mercado, no recaban “la voz del cliente”. ¡Saben exactamente qué necesitan sus clientes porque..... ellos se lo dicen! En estos casos, la innovación es conducida por los grupos técnicos para entregar las fórmulas y componentes que emocionarán a sus clientes. Este enfoque de innovación se describe como el *modo problema-solución*. Los ingenieros lideran en este caso porque ellos sobresalen en soluciones adecuadas (“solution matching”).

Una compañía en el segmento de refrigeradores tal como General Electric o Whirlpool necesita un enfoque diferente. Una *innovación disruptiva* es más probable que se encuentre en el *modo solución-problema* mejor conducida por los mercadólogos que destacan por su percepción del problema (“problem matching”). Los mercadólogos necesitan usar un enfoque que los releve de sus nociones preconcebidas respecto a lo que los clientes quieren. Procuran evitar “la fijación” alrededor de su producto actual de manera que puedan detectar soluciones más libremente. Sólo entonces podrán ellos imaginar nuevos conceptos de refrigeración doméstica que no habrían emergido nunca de un enfoque técnico. Las mejores empresas maximizan el rendimiento de sus inversiones asignando conscientemente el liderazgo, ya sea a comercialización o a investigación y desarrollo. En última instancia, la innovación es mejor conducida con un enfoque funcional, pero con una clara definición en la dirección y rendición de cuentas de cada rol, dependiendo de las condiciones del mercado y la estrategia de la compañía. (Boyd, D. 2009). La figura 3.6

muestra esquemáticamente los tipos de innovación antes referidos.



Tipologías de nuevos productos

Fuente: Munuera y Rodríguez (2011)

Figura 3.6.- Tipología de nuevos productos
Fuente: Munuera y Rodríguez, (2011)

La participación de los usuarios en el proceso de DNP

El entendimiento preciso de las necesidades del usuario ha sido esencial en el desarrollo de nuevos productos comercialmente exitosos. Desafortunadamente, los análisis resultantes de la investigación de mercado no son típicamente confiables en los casos de productos muy novedosos o en categorías de productos caracterizadas por un rápido cambio tecnológico. Los usuarios seleccionados para proporcionar información para análisis de mercados de consumo e industriales tienen limitaciones importantes. Sus percepciones sobre necesidades y soluciones potenciales están constreñidas por su propia experiencia del mundo real. Los usuarios inmersos en el presente es improbable que generen conceptos de nuevos productos que están en conflicto con lo que es para ellos familiar. La noción de que la familiaridad con

atributos y usos de productos existentes interfiere con la habilidad individual para concebir nuevos atributos y usos, está fuertemente soportada por la investigación en la resolución de problemas. Aunque los métodos utilizados en investigación de mercados, similitud-diferencia y grupos focales, enmarcan percepciones y preferencias de los usuarios en términos de atributos, estos no ofrecen un medio para ir más allá de la experiencia de los usuarios entrevistados. Estos no están bien posicionados para evaluar con precisión atributos de nuevos productos que caen fuera del rango de su propia experiencia. Además y más específicamente relacionado con las técnicas de investigación de mercados referidas, no existe un mecanismo para inducir a los usuarios a identificar todos los atributos potencialmente relevantes a la categoría del producto, especialmente aquellos atributos que no están actualmente presentes en categorías existentes.

Von Hippel propone como solución el análisis de la investigación del mercado focalizándolo en lo que él llama los *usuarios líderes* de un producto o proceso. Los usuarios líderes son usuarios cuyas fuertes necesidades hoy presentes, serán generales en el mercado en los meses o años futuros. Puesto que los usuarios líderes están familiarizados con condiciones que encontrarán en el futuro la mayoría de los usuarios, los primeros pueden servir como un laboratorio de investigación de mercados para el pronóstico de necesidades. Aún más, puesto que los usuarios líderes tratan con frecuencia de satisfacer la necesidad que experimentan, ellos pueden proporcionar tanto conceptos de nuevos productos, como datos de diseño (von Hippel, 1986).

Actualmente, la importancia del desarrollo de productos y servicios por parte de los usuarios va en aumento. La transferencia progresiva de la innovación a los usuarios tiene algunas cualidades muy atractivas. Cada vez resulta más fácil para un gran número de usuarios obtener exactamente lo que desean diseñándolo ellos mismos. La *innovación impulsada por los usuarios* es una práctica que compite con la innovación debida a los productores en numerosos ámbitos de la economía y puede llegar a desplazarla. Un conjunto creciente de estudios empíricos muestra claramente

que los usuarios son los primeros en desarrollar muchos —tal vez la mayoría— de los nuevos productos industriales y de consumo. Estudios sobre los usuarios innovadores, tanto individuales como industriales, muestran que ellos tienen las características de usuarios líderes, esto es, los que están delante de la mayoría de los usuarios en sus poblaciones con respecto a una importante tendencia mercado. Estos usuarios representan el 2.5%, la media del tiempo de adopción de una innovación por la población, menos dos desviaciones estándar (Rogers, E.M., 2003).

La innovación impulsada por los usuarios proporciona además un complemento y una materia prima muy necesarios para la innovación de los productores. Y parece incrementar el bienestar social. A la vez, la transferencia progresiva de las actividades de desarrollo de productos de los productores a los usuarios resulta problemática y compleja para muchos productores. La innovación de los usuarios está atacando una estructura esencial de la división social del trabajo. Para adaptarse, numerosas compañías e industrias se ven obligadas a introducir cambios fundamentales en los modelos empresariales tradicionales. La capacidad de los usuarios para innovar está creciendo de una forma rápida y radical como resultado de: 1) la mejora constante de la calidad del software para programación y del hardware para computadoras, 2) la mayor disponibilidad de componentes y herramientas de fácil uso para la innovación y 3) del acceso a los bienes comunes de innovación, cada vez más amplios (von Hippel, 2005).

Tanto las observaciones cualitativas como la investigación cuantitativa realizada en diversos campos documentan con claridad la importancia del papel desempeñado por usuarios como primeros desarrolladores de productos y servicios vendidos posteriormente por las empresas de fabricación. Adam Smith (1776) fue un observador temprano del fenómeno y señaló la importancia de “la invención de un gran número de máquinas que facilitan y abrevian el trabajo capacitando a un hombre para hacer la labor de muchos”. Smith añadió que “una gran parte de las máquinas empleadas en estas manufacturas, en las cuales se haya muy subdividido el trabajo, fueron al principio invento de artesanos comunes, pues hallándose ocupado cada uno

de ellos en una operación sencilla, toda su imaginación se concentraba en la búsqueda de métodos rápidos y fáciles para ejecutarla”. Los estudios cuantitativos sobre innovación impulsada por usuarios documentan que muchos productos importantes y novedosos de una amplia gama de campos han sido desarrollados por empresas usuarias y usuarios particulares, como se muestra en el cuadro 3.1.

Área de innovación	Número y tipo de los usuarios muestreados	Porcentaje que desarrolla y construye los productos para uso propio
Productos industriales		
1. Software de CAD (<i>Computer Aided Design</i> , Diseño Asistido por Ordenador) para circuitos impresos (a)	136 miembros de empresas usuarias participantes en un congreso dedicado al CAD para PC	24,3%
2. Soportes colgantes para tuberías (b)	Empleados de 74 compañías de instalación de soportes colgantes para tuberías	36%
3. Sistemas de información para bibliotecas (c)	Empleados de 102 bibliotecas australianas que usan sistemas de información computerizados OPAC (<i>Online Public Access Catalog</i> , Catálogo de Acceso Público en Línea) para bibliotecas	26%
4. Equipos de cirugía médica (d)	261 cirujanos que trabajan en centros médicos universitarios de Alemania	22%
5. Funciones de seguridad del software de servidor del sistema operativo Apache (e)	131 usuarios técnicos avanzados de Apache (<i>webmasters</i>)	19,1%
Productos de consumo		
6. Productos de consumo para el aire libre (f)	153 destinatarios de catálogos de venta por correo de productos para actividades al aire libre	9,8%
7. Equipamiento para deportes extremos (g)	197 miembros de 4 clubes deportivos especializados en 4 deportes extremos	37,8%
8. Equipamiento para ciclismo de montaña (h)	291 ciclistas de montaña de una región geográfica conocida por su intensa actividad innovadora	19,2%
Encuestas multisectoriales de innovación de procesos		
26 tecnologías avanzadas de fabricación (i)	Plantas de fabricación canadienses de nueve sectores de fabricación (salvo el de procesamiento de alimentos) de Canadá, 1998 (las estimaciones de población se basan en una muestra de 4.200 individuos)	Desarrollo: 28% Modificación: 26%
39 tecnologías avanzadas de fabricación (j)	16.590 establecimientos de fabricación canadienses que cumplen dos criterios: tener unos ingresos mínimos de 250.000 dólares y contar al menos con 20 empleados	Desarrollo: 22% Modificación: 21%
Cualquier tipo de innovación o modificación de procesos (k)	Muestra intersectorial representativa integrada por 498 pymes de alta tecnología de los Países Bajos	Solo desarrollo: 41% Solo modificación: 34% Desarrollo y modificación: 54%

Cuadro 3.1.- Estudios sobre la frecuencia de la innovación impulsada por los usuarios. Fuente: von Hippel (2005)

La modificación de los procesos de innovación de las empresas para buscar sistemáticamente las innovaciones creadas por los usuarios líderes y avanzar en su desarrollo puede proporcionar a los productores la mejor conexión con el funcionamiento real del proceso de innovación y generar un rendimiento superior. El resultado global es un modelo en el que el desarrollo de innovaciones de productos y servicios se transfiere progresivamente a los usuarios: una tendencia que conllevará cambios importantes para los usuarios y los productores.

La experimentación, herramienta indispensable para innovar

Probablemente la manifestación más importante y visible del énfasis en la acción de las empresas sobresalientes es su voluntad de ensayar cosas, de experimentar (Peters y Watermann, 1982). En el corazón de la habilidad de cada empresa para innovar subyace un proceso de *experimentación* que permite a esta organización crear y evaluar nuevas ideas y conceptos para productos, servicios, modelos de negocio o estrategias. Actualmente un proyecto de desarrollo puede requerir literalmente miles de experimentos todos con el mismo objetivo: aprender si el *concepto del producto* o servicio promete atender una necesidad o resolver un problema. Entonces se incorpora la información obtenida a la siguiente etapa de pruebas de manera de que un mejor resultado pueda lograrse. Cualquier cosa que usamos hoy en día viene de un proceso de *experimentación* ordenada, mejores herramientas, nuevos procesos, tecnologías alternativas, todos han surgido porque han sido trabajados en varios modos estructurados. La *experimentación* es el combustible del descubrimiento y creación de conocimiento y por lo tanto conduce al desarrollo y mejora de productos, procesos, sistemas y organizaciones.

La *experimentación* ha sido tradicionalmente cara hasta hace unos pocos años, tanto en términos del tiempo involucrado y el trabajo invertido, ambos esenciales para la *experimentación*. Lo que ha cambiado importantemente son las nuevas tecnologías disponibles, que hacen posible realizar más experimentos en una

forma económica y viable, acelerando el camino hacia la innovación. La economía en la *experimentación* se está transformando. No solamente se pueden hacer más experimentos, también la clase de posibles experimentos se están expandiendo. Nunca antes ha sido tan económicamente posible preguntarse ¿qué pasa si? y generar respuestas preliminares. Las nuevas tecnologías permiten a las organizaciones retar respuestas que se presumen y plantear nuevas preguntas. Muestran como los innovadores aprenden de los experimentos creando el más alto potencial de desarrollo. La *experimentación* abarca éxito y falla, es un proceso iterativo de entendimiento que muestra lo que trabaja y lo que no trabaja, ambos resultados son igualmente importantes para el aprendizaje, este aprendizaje es la meta de cualquier experimento y el objetivo de la *experimentación* misma. Los experimentos que resultan en una falla no son experimentos fallidos, aunque ellos son frecuentemente considerados como tales cuando cualquier desviación de lo previsto es juzgado como falla. (Thomke, 2003).

Las nuevas tecnologías pueden aportar muchísimo al desarrollo de los productos, estas nuevas tecnologías, tales como el *modelado computacional*, la *simulación*, el *prototipado rápido* y la *química combinatoria* permiten a las empresas aprender más y más rápidamente. Se percibe como el conocimiento puede ser incorporado en más experimentos a menor costo. En efecto, las nuevas tecnologías de la información han reducido los costos marginales de la *experimentación* tal como han decrecido los *costos marginales* para la producción y la distribución. Un sistema experimental que integra las nuevas tecnologías de información hace mucho más que bajar los costos, también incrementa las oportunidades para innovar. Es decir, algunas tecnologías pueden hacer que las actividades experimentales sean más eficientes mientras que otras introducen maneras enteramente nuevas de descubrir nuevos conceptos y soluciones.

Las empresas grandes frecuentemente gastan millones de dólares para corregir los problemas de desarrollo en las últimas etapas, pero subestiman los ahorros potenciales de la *experimentación* temprana. Más aún, cantidades enormes

de tiempo y energía son gastados en estos problemas descarrilando los programas y los presupuestos y perdiendo las oportunidades para que se focalicen sus recursos en otros proyectos. Las nuevas tecnologías son más poderosas cuando han sido desplegadas para probar lo que trabaja y lo que no trabaja tan pronto como sea posible, en las etapas tempranas del DNP. Esos experimentos no son tan completos o perfectos como las pruebas de las etapas finales pero permiten direccionar una atención temprana e integrarse a la solución de los problemas potenciales y los riesgos que pueden presentarse. Significativamente, esos experimentos pueden revelar lo que no trabaja antes que recursos sustanciales sean comprometidos y las decisiones en el diseño sean bloqueadas. Con mayor *capacidad experimental* disponible durante el desarrollo temprano, los investigadores pueden tener más posibilidades de experimentar con muchas ideas y conceptos que en última instancia resultan en mejores productos y servicios.

Conocimiento codificado y conocimiento personal

Peter Drucker acuñó el término “sociedad del conocimiento” que se distingue del pasado por el papel clave que el conocimiento juega actualmente dentro de la sociedad. Drucker (1993) argumentaba en su último libro que la nueva economía del conocimiento es no solo otro recurso junto con los tradicionales factores de la producción –tierra, trabajo y capital- sino que es el único recurso significativo hoy en día. El hecho de que el conocimiento he venido a ser *el* recurso en lugar de *un* recurso, hace a la nueva sociedad única. El “trabajador del conocimiento” decía Drucker, es el activo más grande. Sin embargo, el conocimiento ha estado siempre presente en el desarrollo económico. Todo lo que hacemos, la manera en que transformamos recursos en productos y servicios depende fundamentalmente del conocimiento que tenemos a nuestra disposición para realizar tal transformación. ¿Qué es entonces distintivamente nuevo en la economía contemporánea? Daniel Bell respondió a esta pregunta hace más de 30 años: lo que distingue a la sociedad post industrial es el cambio en el carácter del conocimiento mismo. Lo que ha venido a ser decisivo para la toma de decisiones y la dirección del cambio es la centralidad del

conocimiento teórico, la primacía de la teoría sobre el empirismo y la codificación del conocimiento dentro de sistemas abstractos de símbolos que pueden ser usados para ilustrar muchas diferentes y variadas áreas de experiencia. En efecto, es difícil pensar hoy en una industria que no haga un uso sistemático del “conocimiento teórico”. (Bell:1999:20, citado por Tsoukas, 2002). Los productos incorporan más y más conocimiento especializado proporcionado por departamentos de I+D, universidades y empresas consultoras; y los procesos de producción también se basan cada vez más en investigación sistemática con el propósito de optimizar su funcionamiento (Drucker, 1993).

Bajo una perspectiva histórica acerca del desarrollo de las modernas economías de mercado se puede apreciar el cambio en el carácter del conocimiento en el tiempo. Para simplificar, la modernidad desconfía de la intuición, prefiere afirmaciones explícitamente articuladas y opta por procedimientos sistemáticos. Sin embargo, viendo de cerca como es realmente usado en la práctica el conocimiento teórico o codificado, se observa el grado en el cual, lejos de verse tan objetivo, auto-sustentable y explícito, está sustentado en juicios personales y compromisos tácitos (Tsoukas, 2002). En otros términos, el conocimiento codificado necesariamente contiene un “coeficiente personal” (Polanyi, 1962). Las economías basadas en el conocimiento pueden en efecto estar haciendo un gran uso de formas codificadas de conocimiento, pero tal clase de conocimiento es necesariamente usado de una manera *no-codificable* y *no-teórica*. El significado de *conocimiento tácito* para el funcionamiento de las organizaciones no ha escapado a la atención de los teóricos de la gestión. Desde que a mediados de los noventa Nonaka y Takeuchi (1995) publicaron su influyente libro *The Knowledge-Creating Company* el término *conocimiento tácito* ha sido muy popular en estudios de gestión y es casi imposible encontrar una publicación sobre conocimiento organizacional o gestión del conocimiento que no haga alguna referencia a tal término. Y con toda razón: como se puede verificar por la experiencia común, el conocimiento que la gente utiliza en las organizaciones es tan práctico y tan profundamente familiar para ellos que cuando se les pide describir como hacen lo que hacen, con frecuencia se les hace difícil

expresarlo en palabras (Ambrosini y Bowman, 2011, Nonaka y Takeuchi, 1995). Ante esta situación surgen naturalmente varias preguntas: ¿que hay en el conocimiento organizacional que lo hacen tan difícil de describir? ¿qué significa la dimensión tácita del conocimiento organizacional? ¿Qué implicaciones tiene el *conocimiento tácito* para el aprendizaje y ejercicio de las habilidades? Si la habilidad es saber tácito, ¿como es posible que surja el nuevo conocimiento? Tratando de responder a estas preguntas Tsoukas (2002) explora la naturaleza del *conocimiento tácito* apoyándose primordialmente en Polanyi, inventor del término, frecuentemente referido pero poco entendido.

Una de las características más distintivas del trabajo de Polanyi es su insistencia en la superación de dicotomías establecidas, tales como: conocimiento teórico contra conocimiento práctico, ciencias contra humanidades o, para ponerlo de manera diferente, su determinación para mostrar la estructura común que subyace en todas las clases de conocimiento. Polanyi fue categórico al afirmar que el conocimiento implica *acción habilidosa* y que el conocedor necesariamente participa en todos los actos de entendimiento. Para él la idea de que hay cosas tales como conocimiento “objetivo”, auto-contenido, separado, e independiente de la acción humana es errónea y perniciosa. Insistía, “todo el conocimiento es conocimiento personal, participación a través de lo que existe dentro”. Tomando por ejemplo, el uso de mapas geográficos. Un mapa es la representación de un territorio en particular. Como una representación explícita de algo más, un mapa, en términos lógicos no es diferente de un sistema teórico, o un sistema de reglas: ambos tienen como objetivo permitir acciones humanas con un propósito. En el primer caso ir de A a B y en segundo caso guiar el comportamiento. Se puede estar muy familiarizado con un mapa, pero para usarlo se necesita ser capaz de relacionarlo con el mundo fuera del mapa. En otras palabras un mapa, sin importar que tan elaborado sea, no puede leerse asimismo; requiere el juicio de un lector capaz de relacionar el mapa con el mundo, a través de medios tanto cognitivos como sensoriales (Polanyi and Prosch, 1975, citado por Tsoukas, 2002). El juicio personal no puede ser prescrito por reglas, pero descansa esencialmente en el uso de los sentidos. En la medida que esto

sucede, el ejercicio del juicio personal es un desempeño habilidoso, implicando tanto la mente como el cuerpo.

Si se acepta que existe en efecto un “coeficiente personal” en todos los actos de conocimiento, el cual es manifestado en un *desempeño habilidoso* llevado a cabo por el conocedor, ¿cuál es la estructura tal habilidad? El propósito del *desempeño habilidoso* es logrado por la observancia de una serie de reglas, las cuáles no son conocidas como tales por la persona que las sigue (Polanyi, M. 1962, citado por Tsoukas, M., 2002). Un ciclista por ejemplo, normalmente no sabe la regla que lo mantiene en equilibrio. Curiosamente, tal ignorancia es apenas perjudicial para la realización efectiva de su tarea. El ciclista se mantiene a sí mismo en equilibrio zigzagueando a través de una serie de curvas. Se podría formular una regla que explicara porque el ciclista no se cae de la bicicleta, pero tal regla difícilmente le sería útil. ¿Por qué? Parcialmente, porque ninguna regla es útil para guiar las acciones a menos que se hayan asimilado y caigan en el inconsciente. Y parcialmente, por que hay otra serie de elementos, detalles a ser considerados y que no están incluidos en la regla y fundamentalmente no son conocidos por el ciclista. ¿Entonces de que manera saben los individuos como ejercitar sus habilidades? En algún sentido no lo saben, dice Polanyi (1962), “un esfuerzo mental tiene un efecto heurístico: tiende a incorporar cualquier elemento disponible de la situación, que es útil para lograr su propósito”. “Éste es el proceso usual de prueba y error inconsciente por el cual *sentimos nuestro camino* al éxito y puede continuar mejorando, sin saber específicamente como lo hicimos”. Así es como el ciclista descubre el principio del ciclismo, sin darse cuenta que consiste en el ajuste momentáneo de dirección y velocidad a manera de contrarrestar continuamente el accidental y momentáneo desequilibrio .

Hay dos diferentes clases de conciencia en el ejercicio de una habilidad. Cuando una persona usa un martillo para clavar un clavo, es consciente tanto del clavo como del martillo, pero de una manera diferente. Ve el efecto de los golpes sobre el clavo y trata de golpear tan efectivamente como pueda. Introducir el clavo es

el principal objeto de su atención y está conscientemente focalizada en ello. Al mismo tiempo también es consciente de sentir en su palma como sujeta el martillo. Pero tal conciencia es subsidiaria: el sentimiento de sujetar en su palma el martillo no es objeto de su atención sino un instrumento de ello. Sabe del sentimiento en la palma de su mano *al confiar en el para atender al martillo golpeando el clavo*. Podría decirse que tiene una *conciencia subsidiaria* del sentir que su mano esta fusionada con su *conciencia focal* de clavar el clavo. La *conciencia subsidiaria* y la *conciencia focal* son mutuamente exclusivas. Si se invierte la atención focal hacia detalles de las cuales se tenía anteriormente solo conciencia subsidiaria, su sentido se pierde y la acción correspondiente se vuelve torpe. Si un pianista cambia su atención de la pieza que está tocando a como mueve sus dedos y un conferencista focaliza su atención en la gramática que está usando en lugar del acto de hablar, ambos caen en confusión. Debemos confiar subsidiariamente en detalles para atender a algo más, por lo tanto, nuestro conocimiento de ellos permanece tácito. En el contexto de realizar una tarea específica llegamos a conocer un conjunto de detalles sin ser capaces de identificarlos “Podemos saber más de que los podemos decir” (Polanyi, M. 1962).

El conocimiento tácito forma un triángulo y las tres esquinas del mismo son: 1) los *detalles subsidiarios*, 2) el *objetivo focal* y 3) el *conocedor* que une a los dos. Resulta claro de lo anterior que la liga de los *detalles* con el *objetivo focal* no sucede automáticamente sino que es el resultado del *acto* de el conocedor. Es en este sentido que Polanyi dice que todo el conocimiento es *personal* y todo el conocer es una *acción*. Ningún conocimiento es posible sin la integración de los *subsidiarios* al *objetivo focal* por una persona. Sin embargo, a diferencia de la inferencia explícita, tal integración es esencialmente tácita e irreversible. En la inferencia explícita (deductiva), se puede cruzar sin problema entre las premisas y las conclusiones. Este cruzamiento no es posible con la integración tácita, Una vez que se ha aprendido a tocar piano no se puede regresar a ser un ignorante acerca de como hacerlo. Mientras que ciertamente se puede focalizar la atención en cómo mover los dedos, con lo que el desempeño se va haciendo torpe al punto de paralizarlo, siempre se puede recuperar la habilidad concentrando la atención de la mente en la música en sí misma.

Con la inferencia explícita tal rompimiento y recuperación no son posibles (Polanyi and Prosch, 1975, citado por Tsoukas, M., 2002). Cuando, por ejemplo, una persona examina un silogismo legal procede ordenadamente desde las premisas a las conclusiones. Ni se pierde nada ni se recuperas nada, es una irreversibilidad completa. Se puede regresar a verificar la veracidad de cada declaración constituyente separadamente y cómo se ligan lógicamente con las declaraciones adyacentes. Tal versatilidad no es, sin embargo, posible con la integración tácita. Desviar la atención a los detalles subsidiarios implica perder el enganche con la habilidad necesaria para la actividad en curso.

Construcción gradual del conocimiento organizacional

Por su parte, Nonaka, y Takeuchi (1995), argumentan que los observadores occidentales, tienden a no abordar la cuestión del la creación de conocimiento organizacional porque no han examinado los mecanismos y procesos por los cuales se crea el conocimiento. Dan por hecho la visión de la organización como una máquina para procesar información. Esta visión está profundamente incorporada en las tradiciones occidentales de la administración desde, Frederick Taylor a Herbert Simon. Esta es una visión del conocimiento como necesariamente “explícito” algo formal y sistemático. El *conocimiento explícito* puede ser expresado en palabras y números y fácilmente comunicado y compartido en la forma de datos duros, fórmulas científicas, procedimientos codificados o principios universales. Las empresas japonesas tienen un muy diferente entendimiento del conocimiento. Reconocen que el conocimiento expresado en palabras a menudo representan sólo la punta del iceberg. Ven el conocimiento como primariamente “tácito”, algo no fácilmente visible y expresable. El *conocimiento tácito* es altamente personal y difícil de formalizar, es difícil comunicarlo o compartirlo con otros. El nuevo conocimiento creativo no es simplemente un asunto de aprender de otros o adquirir este conocimiento del exterior. El conocimiento tiene que ser construido en sí mismo, frecuentemente requiere de laboriosas e intensivas interacciones entre miembros de una organización. La explicación de Nonaka y Takeuchi sobre cómo las empresas japonesas crean nuevo

conocimiento, se reduce a la *conversión de conocimiento tácito a conocimiento explícito*.

El supuesto de que el conocimiento es creado a través de la interacción entre el *conocimiento tácito* y el *conocimiento explícito* permite postular cuatro diferentes modos de conversión del conocimiento: 1) del conocimiento tácito al conocimiento tácito, llamado *socialización*, 2) del conocimiento tácito al conocimiento explícito, o *externalización*, 3) del conocimiento explícito al conocimiento explícito, o *combinación*, 4) del conocimiento explícito al conocimiento tácito, o *internalización* (figura 3.7).



Figura 3.7.- Conversión del conocimiento
Fuente: Nonaka y Takeuchi (1995)

Tres de los cuatro modos de conversión de conocimiento: *socialización*, *combinación* e *internalización* han sido discutidos desde varias perspectivas en teoría organizacional, sin embargo, la *externalización* ha sido de alguna manera desatendida. La *externalización* es típicamente vista como el proceso de *creación de conceptos* y disparada por el diálogo o por la reflexión colectiva. Un método frecuentemente usado para crear un concepto es combinar la deducción y la inducción. La creación de conocimiento organizacional es un continuo y una interacción dinámica entre el conocimiento tácito y el conocimiento explícito. Esta

interacción, ilustrada como una espiral, está conformada por cambios entre diferentes modos de conversión del conocimiento los que a su vez son inducidos por diferentes disparadores (figura 3.8).

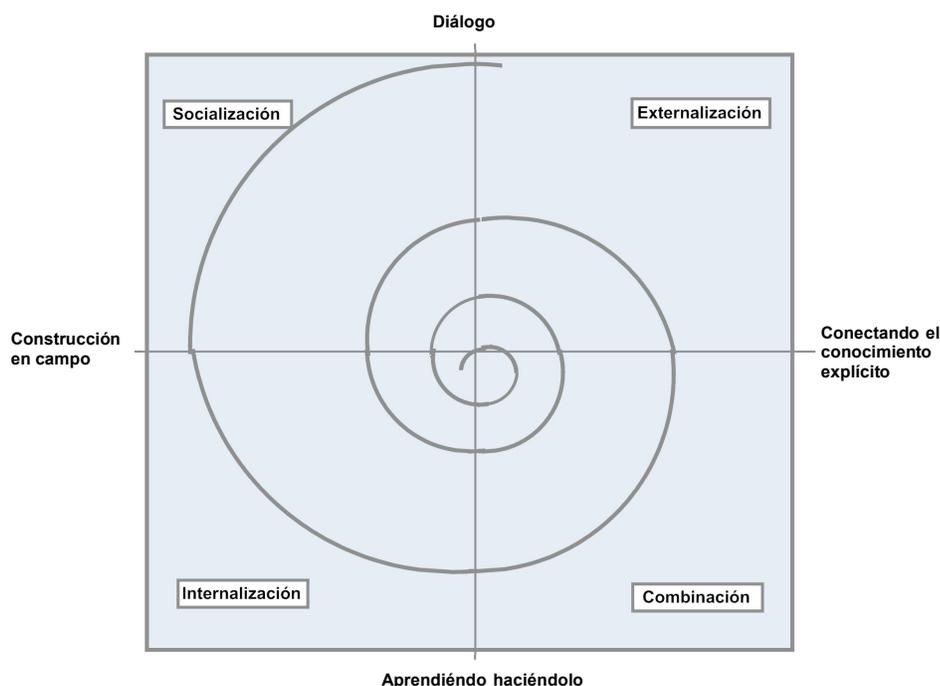


Figura 3.8.- La espiral del conocimiento
Fuente: Nonaka y Takeuchi (1995)

La *externalización*, típicamente vista como el proceso de *creación de conceptos*, dentro de la espiral del conocimiento, es de utilidad para entender como a partir de ahí se concibe el modelo de redes para DNP que, como se ha dicho, son la manifestación actual del pensamiento más reciente en la materia. El conocimiento se construye gradualmente en el tiempo según progresa el proyecto desde una idea inicial, generada a partir de una oportunidad de mercado o a partir de una tecnología disruptiva, y a través del desarrollo.

El papel de la organización dentro del proceso de creación del conocimiento es proporcionar el contexto apropiado que facilite las actividades de los grupos así

como la creación y acumulación de conocimiento a nivel individual. Se requieren cinco condiciones al nivel organizacional para promover la espiral del conocimiento:

Intención.- La espiral del conocimiento es impulsada por la intención organizacional que no es otra cosa que la aspiración de la organización y sus metas. Desde el punto de vista de la creación organizacional del conocimiento la esencia de la estrategia es desarrollar la capacidad organizacional para adquirir, crear, acumular y explotar el conocimiento. La intención organizacional proporciona el criterio más importante para juzgar la utilidad y veracidad de un conocimiento dado. Si no fuera por la intención sería imposible juzgar el valor de la información o del conocimiento percibido o creado.

Autonomía.- La segunda condición para promover la espiral del conocimiento es la autonomía. A nivel individual, a todos los miembros de una organización se les debe permitir actuar autónomamente, en la medida que las circunstancias lo permitan. Al permitirles actuar autónomamente la organización puede incrementar la posibilidad de introducir oportunidades inesperadas. La autonomía también incrementa la posibilidad de que los individuos se automotiven para crear nuevo conocimiento. Los individuos funcionan autónomamente como parte de una estructura holográfica, en la cual el todo y cada parte comparten la misma información. Las ideas originales emanan de los individuos autónomos, se difunden dentro del equipo y después vienen a ser las ideas organizacionales. Desde la perspectiva de la creación del conocimiento, tal organización es más probable que mantenga una mayor flexibilidad en la adquisición, interpretación y referenciación de la información. Similarmente a un sistema autopoietico (Maturana y Varela, 1980) los individuos autónomos y los grupos en la organización creadora de conocimiento establecen las fronteras de las tareas por ellos mismos, para alcanzar la última meta expresada en la más alta intención de la organización.

Fluctuación y caos creativo.- La tercera condición organizacional para promover la espiral de conocimiento es la fluctuación y el caos creativo, el cual

estimula la interacción entre la organización y su entorno externo. Cuando la fluctuación se introduce en una organización sus miembros enfrentan un rompimiento de rutinas, hábitos y patrones cognitivos. Si la organización adopta una actitud abierta hacia las señales del entorno, puede explotar la ambigüedad de las señales, la redundancia o el ruido para mejorar su propio conocimiento del sistema. El caos es naturalmente generado cuando la organización enfrenta una crisis real tal como una rápida declinación del rendimiento debido cambios en las necesidades del mercado o crecimiento significativo de los competidores. También puede ser generado intencionalmente cuando los líderes de la organización tratan de evocar un sentido de crisis entre los miembros de la organización proponiendo metas retadoras. Este caos intencional, que referido como un “caos creativo” incrementa la tensión al interior de la organización y focaliza la atención de sus miembros en la definición del problema y en la resolución de la situación de crisis.

Redundancia.- Redundancia es la cuarta condición que permite que tenga lugar la espiral del conocimiento organizacional. Aquí el término redundancia significa la existencia de información que va más allá de los requerimientos operacionales inmediatos de los miembros de la organización. Para que la creación de conocimiento organizacional tenga lugar, un concepto creado por un individuo o un grupo necesita ser compartido por otros individuos que pueden no necesitar el concepto inmediatamente. Al compartir información redundante se promueve compartir el conocimiento tácito porque los individuos pueden sentir lo que otros están tratando de articular. En este sentido la redundancia de información acelera el proceso de creación de conocimiento. La redundancia es especialmente importante en la fase de desarrollo del concepto cuando es crítico articular imágenes enraizadas en el conocimiento tácito. En esta fase la información redundante permite a los individuos invadir unos y otros sus fronteras funcionales y ofrecer asesoría o proveer nueva información desde perspectivas diferentes.

Variedad de requisitos.- La quinta condición que ayuda a avanzar en la espiral del conocimiento es la variedad de requisitos. La diversidad interna de un

organización debe empatarse con la variedad y complejidad del entorno para enfrentar los retos que este último presenta. Los miembros de la organización pueden resolver muchas contingencias si poseen variedad de requisitos que pueden ser ampliados combinando información en forma diferente, flexible y rápidamente y proveyendo igual acceso a la información.

A partir de los cuatro modos de conversión de conocimiento y dentro del contexto de las cinco condiciones que promueven la creación del conocimiento organizacional, Nonaka y Takeuchi (1995) proponen un modelo de cinco fases para el proceso de creación de conocimiento organizacional al que incorporan la dimensión temporal. El modelo, que bien puede ser interpretado como un ejemplo de un proceso de DNP consiste de cinco fases: 1) compartiendo el conocimiento tácito, 2) creando conceptos, 3) justificando los conceptos, 4) construyendo un arquetipo y 5) nivelando transversalmente el conocimiento. El modelo se muestra en la figura 3.9.

El proceso de creación del conocimiento organizacional empieza con compartir el conocimiento tácito, lo que implica socialización puesto que el poco conocimiento que reciben los individuos debe ser primeramente amplificado dentro de la organización. El conocimiento tácito no puede ser comunicado o pasado a otros fácilmente puesto que es adquirido principalmente a través de la experiencia y no puede ser fácilmente expresado en palabras. Entonces el compartir conocimiento tácito entre múltiples individuos con diferentes antecedentes, perspectivas y motivaciones en el paso crítico en la creación de conocimiento organizacional. Las emociones sentimientos y modelos mentales de los individuos tienen que ser compartidos para construir confianza mutua. Para lograr que se comparta, se necesita un “campo” en el cual los individuos puedan interactuar unos con otros a través de diálogos cara a cara. Un típico campo de interacción es un equipo auto-organizado en el cual los miembros de diferentes departamentos funcionales trabajan juntos para alcanzar la meta común.

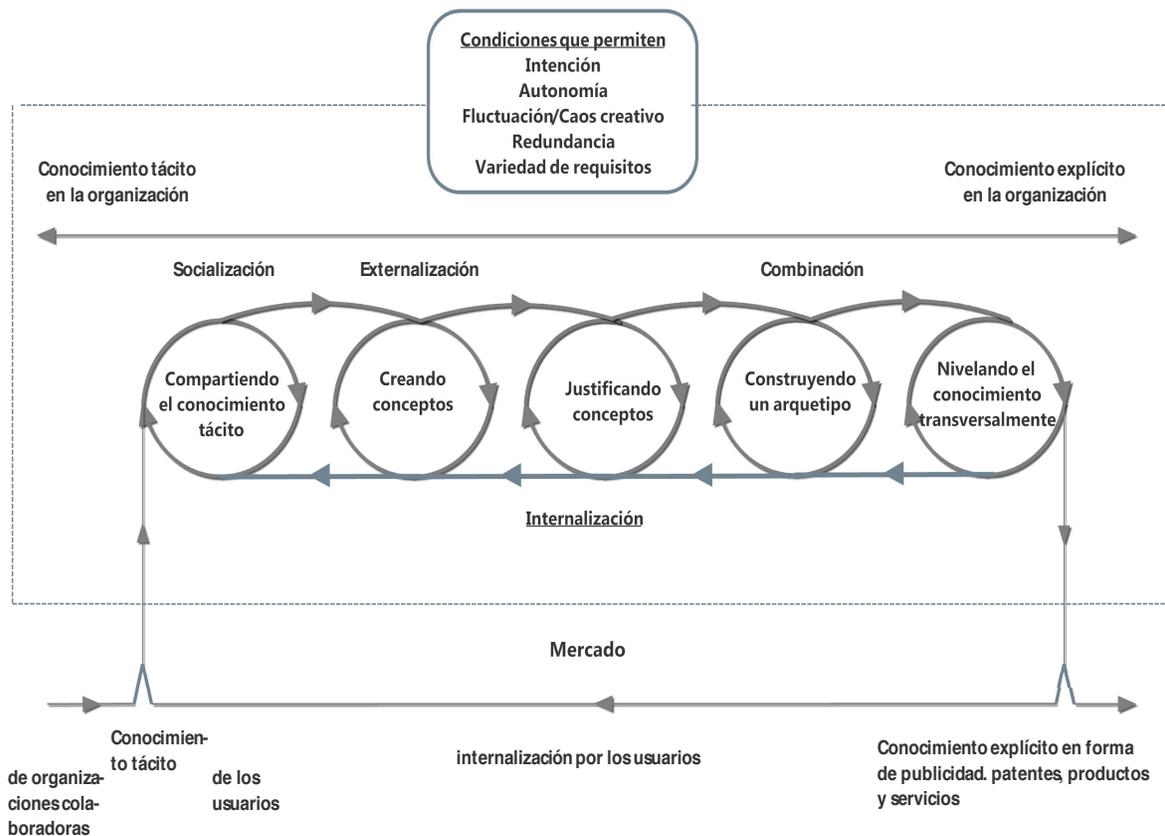


Figura 3.9.- Modelo de cinco fases en el proceso de creación de conocimiento organizacional
Fuente: Nonaka y Takeuchi (1995)

En la segunda fase el conocimiento tácito que se ha compartido entre los miembros de un equipo, es convertido en conocimiento explícito en la forma de un nuevo concepto. La interacción más intensa entre el conocimiento tácito y el conocimiento explícito ocurre en esta segunda fase, una vez que un modelo mental compartido se forma en el campo de la interacción, el equipo auto-organizado entonces lo articula en un diálogo continuo, en la forma de una reflexión colectiva. El modelo mental compartido es verbalizado en palabras y frases y finalmente cristalizado en conceptos explícitos, en ese sentido esta fase corresponde a la externalización. Este proceso de convertir conocimiento tácito en conocimiento

explícito se facilita por el uso de métodos múltiples de razonamiento, tales como la deducción la dirección y la abducción. Este último método, la abducción, al emplear lenguajes figurativos tales como metáforas o analogías es particularmente útil en ésta fase.

El concepto creado tiene que ser justificado en la tercera fase, en la cual la organización debe determinar si vale la pena seguir este nuevo concepto. La justificación implica un proceso para determinar si es el nuevo concepto creado es útil para la organización y la sociedad, es similar a un proceso de cribado. Los individuos perciben inconscientemente que a través del proceso completo están cribando y justificando continuamente información, conceptos y conocimiento. La organización debe conducir esta justificación de una manera más explícita para verificar si la intención organizacional permanece intacta y para asegurarse que los conceptos que están siendo generados cubrirán las necesidades de la sociedad. Para las organizaciones de negocios el criterio de justificación normal incluye: costos, margen de utilidad y grado en el que el producto puede contribuir al crecimiento de la empresa, pero el criterio de justificación debe contemplar no solamente aspectos cuantitativos, sino también aspectos cualitativos.

En la cuarta fase, los conceptos justificados son convertidos en algo tangible y concreto es decir en un arquetipo. Un arquetipo puede ser pensado como un prototipo en el caso de un proceso de desarrollo de un nuevo producto. En el caso de un servicio o una innovación organizacional un arquetipo puede ser pensado como un modelo operativo. En ambos casos el arquetipo es construido por la combinación de un nuevo conocimiento creado explícitamente mediante la existencia de conocimiento explícito. En la construcción de un prototipo, por ejemplo, el conocimiento explícito a ser combinado puede tomar la forma de tecnologías o componentes.

La creación del conocimiento organizacional es un proceso que nunca termina y que es continuamente actualizado por sí mismo, no termina cuando un arquetipo ha sido desarrollado. El nuevo concepto que ha sido creado, justificado y modelado se

mueve hacia un nuevo ciclo de creación de conocimiento en un nivel ontológico diferente. Éste proceso iterativo y en espiral puede llamarse de nivelación transversal del conocimiento y tiene lugar tanto intra-organizacionalmente como inter-organizacionalmente. Intra-organizacionalmente, el conocimiento que se hace real o que toma la forma de un arquetipo, puede disparar el nuevo ciclo de creación de conocimiento expandiéndose horizontalmente y verticalmente a través de la organización. Inter-organizacionalmente, el conocimiento creado por la organización puede movilizar conocimiento de compañías afiliadas, clientes, proveedores, competidores y otros fuera de la compañía a través de una interacción dinámica. Para que ésta fase funcione efectivamente es esencial que cada unidad organizacional tenga la autonomía que tomar el conocimiento desarrollado llevarlo o por alguien más y aplicarlo libremente a través de diferentes niveles y fronteras.

Controversia sobre el modelo de conversión del conocimiento

La teoría de Nonaka y Takeuchi (1995) sobre los modos de conversión del conocimiento ha alcanzado un estado paradigmático desde mediados de los noventa. Ha sido descrita como uno de los más conocidos e influyentes modelos en la literatura relacionada con la estrategia del conocimiento y es ampliamente respetada. La teoría parece haber atraído poca crítica sistemática, cuando menos en la literatura de gestión y estudios organizacionales. La crítica de mayor alcance está en un olvidado artículo de Essers y Scheinmakers, 1997 (citado por Gourlay, 2006). En el artículo, se alaba a Nonaka y Takeuchi por reconocer que la capacidad de acción corporativa depende de ideas y creencias tanto como del conocimiento científico, pero concluyen que su subjetivismo tiende hacia un peligroso relativismo que hacen de la justificación una suerte de autoridad administrativa y descuidan el considerar como el criterio científico se relaciona con el conocimiento corporativo. Jorna, 1998 (citado por Gourlay, 2006) acusa a Nonaka y Takeuchi de pasar por alto la teoría del aprendizaje en sus discusiones sobre el conocimiento tácito y explícito, al no haber leído a importantes autores organizacionales y no utilizar mejores referentes de la filosofía occidental. La crítica de Jorna se centra en la negligencia sobre la investigación

previa, mientras que Essers y Scheinmakers externalizan su gran preocupación con las consecuencias del modelo. Gourlay (2006) argumenta que la evidencia aportada al soporte de los modos de conversión del conocimiento es o anecdótica, o inexistente o abierta a explicaciones alternas. Aún más sería parece ser la debilidad del marco conceptual, en particular la omisión de un inherente conocimiento tácito y la redefinición de “conocimiento” dándole el sentido de las creencias de los directivos, por ejemplo, la viabilidad de las ideas de nuevos productos. En efecto, desde esta perspectiva parece que Nonaka y Takeuchi argumentan que el conocimiento es creado cuando los directivos deciden que algo es conocimiento para la organización.

Nonaka y Takeuchi (1995) atribuyen los conceptos de conocimiento tácito y explícito a Polanyi. “El conocimiento tácito es subjetivo, corporal, del aquí y ahora y basado en la práctica, mientras que el conocimiento explícito es objetivo, de la mente, del ahí y entonces y relacionado con la teoría. El conocimiento tácito es difícil de comunicar, de compartir pero es una fuente inagotable de nuevo conocimiento”. Nonaka y Takeuchi distinguen el conocimiento técnico del conocimiento tácito para dar a las ideas de Polanyi un aspecto “más práctico”, en un movimiento desconcertante dada la crítica de Polanyi al pensamiento dualista. En un análisis más profundo, Tsoukas (2002) argumenta que el significado que Nonaka y Takeuchi dan al conocimiento tácito tiene muy poco en común con el de Polanyi. Los primeros asumen que el conocimiento tácito es conocimiento aún no articulado: un grupo de reglas incorporadas en la actividad en la que un actor está involucrado y solo es asunto de tiempo para que el primero aprenda y luego las formule. “Las reglas pueden ser útiles, pero no determinan la práctica de un arte; son máximas y pueden servir como guía para un arte solamente si son integradas en el conocimiento práctico del arte. Esas reglas no pueden reemplazar el conocimiento” (Polanyi, 1962). Observando al maestro y emulando sus esfuerzos en la presencia de su ejemplo, el aprendiz inconscientemente recoge la reglas del arte incluyendo aquellas que no son explícitamente conocidas por el maestro mismo. No puede ver detalles subsidiarios como son, ya que presumiblemente son en sí mismos para que siempre existan en conjunción con el foco al cual se atiende desde ellos, y esto los hace inespecificables.

En otras palabras: “el conocimiento instrumental o subsidiario, como lo he definido, no es conocido por sí mismo sino que es conocido en términos de algo focalmente conocido, que contribuye a su calidad; en ésta medida, es inespecificable” (Polanyi, 1962).

El conocimiento tácito ha sido grandemente malentendido en los estudios de gestión. La interpretación de Nonaka y Takeuchi del conocimiento tácito -como un conocimiento que no ha sido articulado y está esperando su “traslado” o su “conversión” en conocimiento explícito, -interpretación que ha sido ampliamente adoptada en estudios administrativos- es errónea: ignora la inefabilidad esencial del conocimiento tácito, reduciéndolo a lo que puede ser articulado. El conocimiento tácito y el conocimiento explícito no son los dos extremos de un continuo, sino los dos lados de la misma moneda: aún la más explícita clase de conocimiento está sustentada en el conocimiento tácito. El conocimiento tácito consiste de un grupo de detalles de los cuales somos subsidiariamente conscientes cuando nos focalizamos en algo más. El conocimiento tácito es vectorial: conocemos los detalles sustentando nuestra conciencia de ellos mientras atendemos algo más. Puesto que los subsidiados existen como tales, llevándonos *hacia* el foco que estamos atendiendo *desde* ellos, no pueden ser separados del foco y examinados independientemente, por que si esto sucediera su significado se perdería. Mientras que podemos ciertamente focalizarnos en los detalles, no lo podemos hacer en el contexto de la acción en la cual somos subsidiariamente conscientes de ellos. Más aún, focalizándonos en los detalles después de que una acción particular ha sido realizada, no estamos focalizándonos en ellos de la manera como soportaron el foco original de acción, por que su significado es necesariamente derivado de su conexión a tal foco. Cuando nos focalizamos en detalles lo hacemos en un nuevo contexto de acción que por sí mismo está sustentado en un nuevo grupo de detalles subsidiarios. Así que la idea de que de alguna manera uno se puede focalizar en un grupo de detalles y convertirlos en conocimiento explícito es insostenible (Tsoukas, 2002).

Nonaka y Takeuchi (1994) argumentan que las empresas japonesas han sido

exitosas debido a sus habilidades y experiencia en “creación del conocimiento organizacional” lo que significa la capacidad de la empresa, como un todo, para crear nuevo conocimiento, diseminarlo a través de la organización y “empacarlo” en productos, servicios y sistemas. Existe una gran brecha entre la manera en las empresas japonesas y occidentales enfocan la creación del conocimiento organizacional. Las empresas occidentales tienden a enfatizar el conocimiento explícito, están más enfocados en los individuos y utilizan profusamente tecnologías avanzadas de información y comunicación, capacidades de software y sistemas computarizados de gestión para acumular, almacenar y diseminar el conocimiento explícito en la organización. Las empresas japonesas tienden a subrayar el conocimiento tácito, ponen más atención al conocimiento menos formal y sistemático, focalizándose en percepciones altamente subjetivas, intuiciones y corazonadas resultantes de la experiencia o el uso de metáforas e imágenes. La integración de los méritos que tienen las metodologías de gestión japonesas y occidentales pueden contribuir importantemente en el esfuerzo de las empresas para lograr cambios capaces de generar valor, mediante el uso del conocimiento.

Independientemente de la controversia reflejada en la argumentación de Tsoukas (2002) respecto a que el conocimiento tácito no puede ser “capturado”, “trasladado” o “convertido” sino solamente expuesto y manifestado en lo que hacemos, existe coincidencia en que el nuevo conocimiento surge cuando el hábil desempeño se manifiesta de nuevas maneras a través de interacciones sociales. De aquí que en una mezcla de teoría organizacional y práctica, el conocimiento organizacional puede entenderse como un proceso que “organizacionalmente” amplifica el conocimiento creado por los individuos y se cristaliza a nivel del grupo por la interacción a través del diálogo, la discusión, la experiencia compartida y la experimentación. En última instancia, la creación de conocimiento está en el corazón de la gestión de las empresas en la actual “sociedad del conocimiento”.

III. METODOLOGÍA

Antecedentes

En el año 2008, funcionarios del CONACYT y directivos de la ADIAT estaban interesados en construir un modelo para impulsar en México la *transferencia de tecnología* (TT en adelante), siguiendo las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2003) de establecer mecanismos mediante los que se aprovechara el valor de la propiedad intelectual de las universidades, los laboratorios nacionales y otras organizaciones que reciben importantes recursos públicos para la investigación. Con el propósito de establecer las bases para la creación de oficinas de TT, el Director del CONACYT encomendó a la ADIAT el desarrollo de un modelo de TT para México. Para conocer las experiencias en la materia, a nivel mundial, se formó un grupo de directivos de centros de investigación que, junto con funcionarios del CONACYT, realizó visitas a las entidades comercializadoras de centros de investigación y universidades, entidades destacadas por su efectividad en transferir a la industria la tecnología desarrollada en sus instituciones: Yeda-Instituto Weizmann en Israel, CEL-Universidad de Cambridge e ISIS-Universidad de Oxford en Inglaterra, OTL-Universidad de Stanford en Estados Unidos, entre otros. Se percibió que era común que al describir su proceso de TT, los responsables de atender al grupo visitante hacían referencia puntual a la *prueba del concepto*, pero al preguntárseles en que consistía la prueba, la describían muy vagamente y bajo contextos diferentes.

Después de extensos análisis bibliográficos, consultas, visitas y encuestas el Comité Técnico de ADIAT concluyó el estudio y emitió la “Propuesta de un modelo de transferencia de tecnología para México” (ADIAT, 2010), cuya representación esquemática se muestra a continuación en la figura 4.1. A partir de las experiencias de las visitas y los análisis posteriores, el grupo percibió la importancia de la *prueba del concepto* e incorporó así la función al modelo, ubicándola en el centro del diagrama.

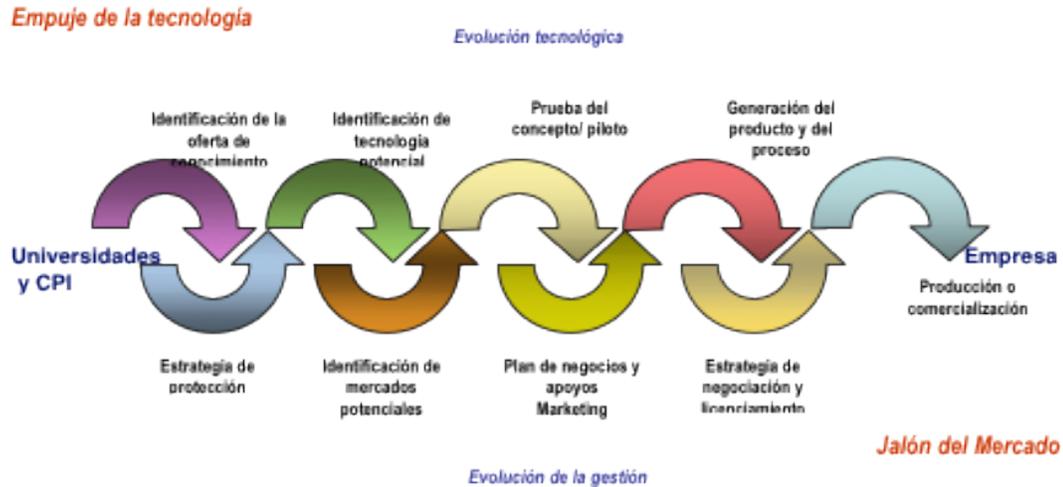


Figura 4.1.-Modelo de las funciones básicas de la transferencia de tecnología
 Fuente: ADIAT (2010) Oficinas de Transferencia de Tecnología

Este modelo de transferencia no es muy diferente a los modelos de innovación o de DNP anteriormente descritos. Por la necesidad de contemplarlo desde una perspectiva más amplia, en lugar de etapas se refiere a funciones y enfatiza en su primera mitad las funciones de identificación del conocimiento y la tecnología, su desarrollo y maduración en términos de caracterización y escalabilidad hasta su puesta a punto y definición del prototipo. En la segunda mitad del modelo se destacan las funciones propias de los negocios, el marketing y la negociación.

El modelo ubica acertadamente a la *prueba del concepto* en el centro del esquema porque es efectivamente una condición previa a la función de generación del producto y del proceso. Esta ubicación central se vio influenciada por la formación científico-tecnológica de los integrantes del grupo y de los funcionarios de los centros de investigación visitados quienes, al referirse a la *prueba del concepto*, lo hacían pensando más en la prueba de la tecnología que en la prueba del mercado.

Posteriormente, al estudiar con mayor profundidad el tema se percibió que si bien los modelos de DNP hacen referencia a la *prueba del concepto* y la ubican en alguna etapa del proceso, dicha ubicación podría variar, dependiendo de si la prueba se

contempla bajo una perspectiva tecnológica o bajo una perspectiva de mercado, por que lo más probable cuando un tecnólogo se refiere a la *prueba del concepto* es que este pensando en que si el principio activo de un medicamento beneficiará a pacientes con tal o cuál enfermedad, o en que si se utiliza tal aleación en la fabricación de una herramienta se podrá alargar la vida de la misma. Por su parte, el comercializador esta pensando en si el medicamento debería ser promovido en medios masivos o a través de canales institucionales o en si los clientes estarían dispuestos a pagar un 50% más si se duplica la duración de la herramienta.

Lo cierto es que independientemente de que las decisiones para el DNP se toman comúnmente bajo perspectivas operativas y financieras, *la prueba del concepto* del producto proporciona la información esencial que permite tomar las decisiones, porque finalmente en el concepto están esencialmente los medios para satisfacer los deseos y necesidades percibidas del consumidor (Lord, 2000). De aquí que se ha visto necesario lograr un mejor entendimiento acerca de la manera en que se desarrolla un nuevo producto, desde que surge la idea hasta que el concepto es aceptado por los usuarios en el mercado.

Justificación de la investigación

La investigación de tesis profundiza en el conocimiento del proceso que conduce a la definición del concepto de producto y su prueba. Existe evidencia de que en las etapas previas al desarrollo del producto se define en gran medida el éxito o fracaso del proyecto y que *la prueba del concepto* es una actividad de vital importancia en tales etapas (Cooper, 1988). La investigación permite ampliar el conocimiento sobre la manera en que se desarrolla el concepto del producto y reducir la ambigüedad en el uso del término, que originalmente proviene de la mercadotecnia y ha sido usado por décadas (Kotler, 1985), dado que el término tiene también una importante connotación tecnológica dentro del proceso de DNP.

El DNP está caracterizado por un alto nivel de incertidumbre en cada una de sus etapas lo que se refleja en el alto índice de fracasos, la gran mayoría de todos aquellos clasificados como nuevos productos se pierden en las etapas del desarrollo y en las primeras pruebas con los usuarios potenciales. De los productos que logran llegar al mercado la tercera parte, en promedio, no tienen éxito. (Cooper, 1988). El problema es aún mayor cuando se trata de productos que son los primeros de su clase y crean un nuevo mercado, ya que estos productos representan solamente el 10% de todos los nuevos productos (Trott, 2012).

EL DNP entendido simplemente como el proceso de llevar nuevos productos y servicios al mercado invariablemente requiere de ser validado por medio de la *prueba del concepto*. De sus resultados depende la decisión de continuar o no en el “camino hacia el mercado”; Fraser (1994) argumenta que la *prueba del concepto* es el paso más importante en el DNP. En algunas organizaciones innovadoras este camino se recorre habitualmente por que se ha reconocido su valor y se han establecido en ellas procesos y prácticas que lo promueven. Sin embargo, estas buenas prácticas no han sido suficientemente difundidas o integradas sólidamente a los procesos de la mayoría de las organizaciones debido que el significado de la interrelación del desarrollo de la tecnología con los factores relevantes para la introducción al mercado no ha sido elaborado a cabalidad.

Las encuestas revelan una crisis de calidad en el proceso de innovación, no necesariamente en la calidad del producto, sino en la calidad de la ejecución. De acuerdo al estudio de la American Productivity and Quality Center (APQC) referido por Cooper and Kleinschmidt (2004), entre el 80% y 90% de las empresas en Estados Unidos típicamente muestran deficiencias en la etapas previas al desarrollo del producto: investigación de mercado, valoración del producto, evaluación técnica, *prueba del concepto*, construcción de un caso de negocio, por tanto no es de extrañar el alto número de fracasos en el DNP. Otro factor que influye en los fracasos, aunque no esta cuantificado, es el hecho de conducir el proyecto como un DNP convencional cuando por su naturaleza requiere de un DT (Cooper, 2006).

Problema de estudio

El DNP es fundamentalmente un proceso multidisciplinario. Durante las etapas tempranas del proceso la cooperación funcional entre marketing e I+D o ingeniería es mucho mayor (Olson et al, 2001). En las etapas tempranas del desarrollo se identifican tanto la necesidad del mercado como la oportunidad que ofrece la tecnología. La combinación de ambos elementos son esenciales para concebir, en una primera instancia, el producto que se pretende desarrollar, los usos que tendrá, los beneficios que aportará y los atributos y características que tendrá. El producto así definido tendrá que ser probado, primero como concepto, posteriormente como producto. La definición de la *prueba del concepto* proviene de la mercadotecnia: “una variedad de enfoques basados en la investigación que se emplean para evaluar la comerciabilidad de una idea de producto o servicio previamente a su desarrollo real. Su propósito es proporcionar retroalimentación temprana del mercado respecto al atractivo percibido de la propuesta del nuevo producto antes que su desarrollo se haya iniciado” (Rosenbaum, 1992, citado por Lees y Wright, 2004).

La innovación se manifiesta en el mercado y en la sociedad, sin embargo, las implicaciones tecnológicas en la prueba del concepto son igualmente importantes. De hecho se ha demostrado que un comportamiento superior con respecto al marketing e inteligencia de mercado permite a la empresa desarrollar las actividades técnicas mejor, influenciando en última instancia el éxito o falla del producto (Veryzer, 1998). También es cierto que de alguna manera sigue presente la añeja controversia acerca del origen de la innovación, ¿el empuje de la tecnología o el jalón del mercado?. La realidad es que tal controversia fue válida a mediados del siglo pasado, con los primeros modelos de innovación, pero actualmente está superada y no importa tanto el origen de la innovación, puede surgir de la tecnología o del mercado. En todo caso, lo importante no es el origen sino el proceso, proceso que puede ser impulsado mayormente por la tecnología o impulsado por el mercado, dependiendo, como se mencionó anteriormente de la industria (ver figura 3.5) y también en gran medida del

carácter de la innovación: disruptiva, discontinua o incremental de que se trate en cada caso¹.

Es común que las *innovaciones disruptivas* tengan origen en el marketing, porque los comercializadores se destacan por su aguda percepción de las oportunidades de mercado que brinda una nueva tecnología. Una innovación disruptiva es más probable que se encuentre en el modo solución-problema (“problem matching”), mejor conducida por los comercializadores que también se destacan por su percepción del problema. Los comercializadores necesitan utilizar un enfoque que los releve de sus nociones preconcebidas respecto a lo que los clientes quieren, sólo entonces podrán ellos imaginar nuevos conceptos que no habrían emergido nunca de un enfoque técnico. Por otra parte, cuando se sabe exactamente qué necesitan los clientes, entonces el asunto es desarrollar eso que quieren, principalmente mediante *innovaciones incrementales*. En este caso, los investigadores e ingenieros inducen el DNP ya que se destacan por encontrar soluciones adecuadas a los problemas, mediante el uso de la tecnología. Este enfoque se conoce como el modo problema-solución (“solution matching”) (Boyd, 2009).

Si se acepta que en el origen de las innovaciones existen estos dos enfoques, cabría preguntarse si el proceso para DNP discontinuos difiere del proceso de DNP incrementales. Según estudios de Veyzer (1998) la respuesta es afirmativa, la *innovación discontinua* es gestionada de una manera muy diferente a la gestión del DNP convencional. La *innovación discontinua* parece ser inherentemente un proceso confuso. El alto grado de incertidumbre que existe a través de las etapas tempranas junto con la naturaleza recursiva del proceso debido a la actualización continua del producto, a medida que la nueva tecnología es adaptada, produce un desigual

¹ Los tipos de innovación han sido extensamente referidos en el capítulo 1 y es claro que existen diferencias entre “innovación disruptiva” e “innovación discontinua”. Sin embargo, para el desarrollo del tema tratado en este apartado es válido el uso indistinto de los términos, pero se utiliza uno u otro con el propósito de respetar las referencias originales de los autores.

proceso interactivo. Estos proyectos no se prestan para procesos y sistemas altamente estructurados y formalizados.

Lo anterior, conduce a la necesidad de diferenciar los procesos de DNP según el tipo de innovación de que se trate, incremental o discontinua. En el último caso se hace necesario conducir el proyecto no como un DNP convencional sino como un DT, esto lo reconoce Cooper (2006) y propone una alternativa a su modelo original de etapas y compuertas, mediante la gestión previa de proyectos de DT. Por su parte, Veyzer (1998) propone un modelo para gestionar la *innovación discontinua*, modelo que bien podría contemplarse como el de un DT. Los resultados de los proyectos de DT son nuevo conocimiento y desarrollo de competencias, no son comúnmente un solo producto, sino una plataforma de productos. El nuevo conocimiento y las competencias desarrolladas suelen ser el origen de *tecnologías disruptivas* que usualmente se utilizan en *productos discontinuos*. La investigación de tesis se basa precisamente en el estudio de caso de un DT, que nace de la identificación de una necesidad que se pretende satisfacer con un nuevo producto en particular, nacido de una *tecnología disruptiva*. En el proyecto de DT se ven involucrados beneficiarios, investigadores, promotores y usuarios líderes, generándose una dinámica caracterizada por la interacción, la experimentación, la creación y conversión del conocimiento.

Definición del campo de estudio

La investigación se centra en el estudio de caso de un proyecto de DT realizado por CIATEQ, A.C., un centro tecnológico del Sistema CONACYT, constituido en 1978. La sede del Centro está ubicada en la ciudad de Querétaro y tiene subsedes en el Estado de México y en los estados de Aguascalientes, Hidalgo, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz. Su misión está orientada al desarrollo de productos, sistemas y procesos para la industria en general, sus clientes provienen de sectores productivos diversos, tales como: automotriz, aeronáutico, agroindustrial, electrodomésticos, energía y plásticos.

El desarrollo tecnológico objeto de estudio se realizó en las instalaciones que CIATEQ tiene en el Parque Industrial Bernardo Quintana en el Marqués, Qro. por investigadores que trabajaban en la línea del reciclado de materiales cuya formación, a nivel doctoral, es mecánico-agrícola. La iniciativa surgió de los propios investigadores impulsada por la relación que se estableció entre estos e investigadores de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Querétaro, interesados en el aprovechamiento de los desechos agrícolas y agroindustriales. Los beneficiarios potenciales del desarrollo se identificaron como los pequeños productores de ganado de la sierra de Querétaro. El interés de diversos empresarios en la introducción del producto al mercado ofrece la oportunidad de abordar el análisis de la interrelación del proyecto de DT y el desarrollo de la prueba del concepto.

Objetivos de la investigación

Los modelos tradicionales para DNP han sido diseñados para proyectos bien definidos y predecibles y han probado su utilidad para gestionar la innovación incremental. La innovación discontinua, por su naturaleza, implica proyectos de alto riesgo con muchos aspectos desconocidos y gran incertidumbre técnica, por lo que requiere ser gestionada de una manera muy diferente mediante modelos de DT. El alto grado de incertidumbre que existe en las etapas tempranas del DT y la naturaleza recursiva del proceso produce un desigual proceso interactivo. Los resultados de los proyectos de DT son nuevo conocimiento y desarrollo de competencias, no son comúnmente un solo producto, sino una plataforma de productos. El nuevo conocimiento y las competencias desarrolladas suelen ser el origen de tecnologías disruptivas que usualmente se utilizan en productos discontinuos.

Debido a que las etapas del DNP en las que se prueba el concepto, no son claramente evidentes cuando se trata de una innovación discontinua, se hace [necesario describir](#) las principales diferencias que resultan de un proceso de DNP con

relación a un proceso de DT y de definir las circunstancias bajo las cuales este último proceso es una pre-condición para el DNP. El caso de estudio seleccionado contiene ambos, un DNP y un DT, de manera que proporciona las evidencias necesarias para lograr el primer objetivo: el entendimiento del fenómeno. Un segundo objetivo es explicar como influye la participación de los usuarios en el proceso y la manera en que la experimentación orienta gradualmente la definición del concepto de producto. La participación de los usuarios en el DNP es un fenómeno presente desde siempre en el desarrollo de equipo industrial, médico y científico pero comenzó a manifestarse fuertemente en otros sectores, con el uso generalizado de las tecnologías de información y telecomunicaciones (TIC's) a partir de la década de los 90's. En la esencia del caso de estudio está la participación de los usuarios. El tercer objetivo que se ha planteado es identificar el conocimiento creado a partir de la experimentación. Las tecnologías para la simulación, el modelado, el prototipado rápido, etc. son tecnologías que hacen posible una mayor y más temprana experimentación que posibilita la generación de conocimiento. El conocimiento generado en el proyecto de DT ha sido, en gran medida, producto de la experimentación. Dicho conocimiento ha sido compartido, cuestionado y puesto a prueba por los diferentes actores. Es parte de este tercer objetivo explicar la manera en que el DT ha propiciado la creación de conocimiento y como este ha sido convertido por la interacción de los diversos actores.

Estrategia de investigación

Una estrategia de investigación es una manera particular de coleccionar y analizar evidencia empírica. En este trabajo la estrategia es una investigación con enfoque cualitativo. El enfoque cualitativo se basa en métodos de recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones. Por lo regular las preguntas e hipótesis surgen como parte del proceso de investigación y este es flexible, y se mueve entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. Su propósito consiste en "reconstruir" la realidad tal y como la observan los actores en un sistema social previamente definido. A menudo se llama

este enfoque “holístico” porque se precia de considerar el “todo”, el fenómeno de interés, sin reducirlo al estudio sus partes. (Hernández Sampieri R. et al, 1991). Es un proceso inductivo y recurrente que analiza una realidad subjetiva con profundidad y riqueza interpretativa que permite la contextualización del fenómeno.

La primera y más importante condición para diferenciar entre las varias estrategias de investigación es identificar el tipo de pregunta de investigación que se hace. Preguntas acerca de “como” y “porque” son probablemente las que favorecen el uso de estudios de caso, experimentos o historias. Las preguntas de “como” y “porque” serán el foco de estudio, una distinción posterior respecto a historia, estudio de caso o experimento es el grado de control y el acceso que el investigador tiene sobre los comportamiento de los eventos reales. Las historias son la estrategia preferida cuando virtualmente no hay acceso o control. Las historias pueden, por supuesto, ser hechas respecto a eventos contemporáneos; en esta situación la estrategia empieza a traslaparse con la del estudio de caso. El estudio de caso se prefiere para examinar eventos contemporáneos pero cuando los comportamientos relevantes no pueden ser manipulados, como sucede con los experimentos. El estudio de caso se soporta en muchas de las mismas técnicas de la historia, pero agrega dos fuentes de evidencia que no son usualmente incluidos en el repertorio de la historia: la observación directa y la entrevista sistemática. Aunque los estudios de caso y las historias pueden traslaparse, la fortaleza única del estudio del caso es su habilidad para tratar con una amplia variedad de evidencias: documentos, artefactos, entrevistas y observaciones. Aún más, en algunas situaciones tales como la participación del observador, la participación informal puede ocurrir (Yin, 1991).

Analizar la evidencia del estudio de casos es especialmente difícil porque las estrategias y técnicas no han sido bien definidas en el pasado. Sin embargo, cada investigación debe comenzar con una estrategia general de análisis, que defina las prioridades de lo que debe ser analizado y porqué. Existen dos estrategias generales de análisis, la primera parte de las *proposiciones teóricas* y la segunda de la *descripción del caso*, según se ilustra en figura 4.2.

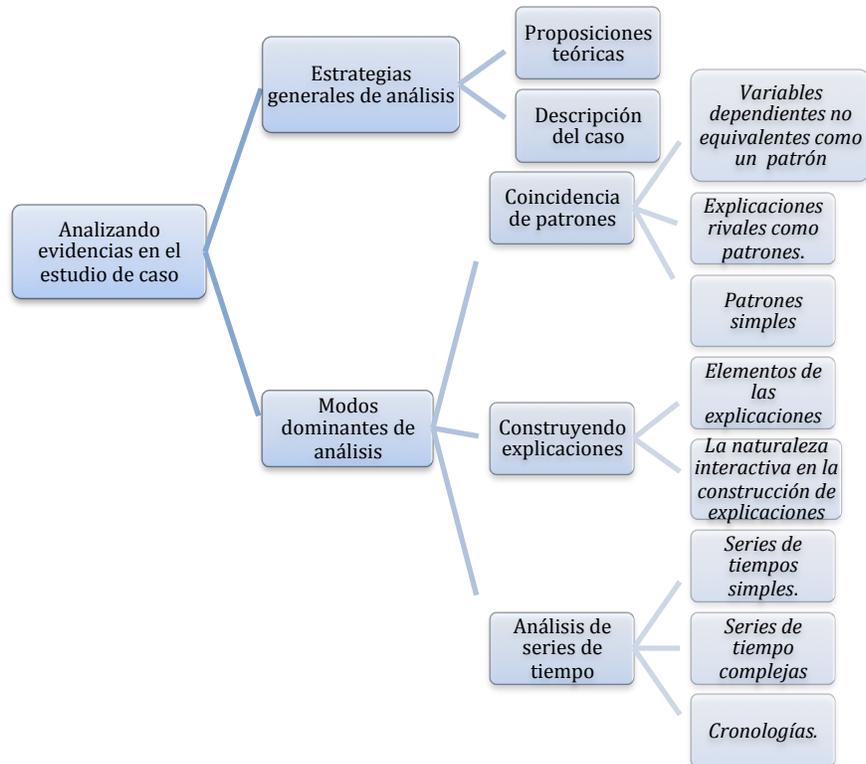


Figura 4.2.- Estrategias y modos de análisis de las evidencias
Fuente: Representación propia a partir de Yin, 1991

A partir de la estrategia seleccionada, tres técnicas analíticas dominantes deben ser consideradas: 1) la coincidencia de patrones, 2) la construcción de una explicación y 3) un análisis de series de tiempo. Cada uno es aplicable independientemente de que el estudio implique el diseño de un caso simple o de un caso múltiple y cada caso de estudio debería considerar estas técnicas.

La evidencia del análisis de los estudios de caso es uno de los aspectos menos desarrollado y más difíciles al realizar estudios de caso. Esto ha conducido a algunos a sugerir el enfoque de un análisis estadístico de datos codificando los eventos en forma numérica; otros sugieren que se utilicen técnicas analíticas tales como:

- poner la información en diferentes arreglos
- hacer una matriz de categorías y poniendo la evidencia dentro de cada categoría

- mostrar – diagramas de flujo y similares- para examinar los datos
- tabular la frecuencia de los diferentes eventos
- examinar la complejidad de tales tabulaciones y sus relaciones mediante el cálculo de números de segundo orden, tales como medias y variancias y
- poner la información en orden cronológico o usando algún otro esquema temporario.

Estas técnicas son importantes y útiles y deben ser usadas para poner la evidencia en algún orden previamente al análisis real. Más aún, tal manipulación preliminar de los datos son una manera de superar un problema de estancamiento. Sin embargo, más importante que estos enfoques es tener, en primer lugar, una estrategia general de análisis. El objetivo último es tratar la evidencia imparcialmente para producir conclusiones analíticas convincentes y para excluir interpretaciones alternativas. El papel de la estrategia general es ayudar al investigador a seleccionar entre diferentes técnicas y completar la fase analítica de una investigación exitosa.

La primera y más preferida estrategia es seguir las *proposiciones teóricas* que conducen el estudio de caso. Los objetivos originales y el diseño del caso de estudio estuvieron basadas en tales proposiciones, las que a su vez reflejan un grupo de preguntas de investigación, revisión de la literatura y nuevos conocimientos. Las proposiciones habrán conformado el plan de recolección de datos y por lo tanto habrán otorgado prioridades a las estrategias analíticas relevantes.

Una segunda estrategia general de análisis es desarrollar un *marco descriptivo* para organizar el estudio de caso. Esta estrategia es menos preferida que la que utiliza proposiciones teóricas, pero sirve como una alternativa en ausencia de proposiciones teóricas. Algunas veces el propósito original del estudio de caso puede ser una descripción. En otras situaciones el objetivo original del estudio de caso puede no ser el de un caso descriptivo, pero un enfoque descriptivo puede ayudar a identificar las relaciones causales a ser analizadas.

La investigación de tesis se basa en el estudio de caso a partir de las *proposiciones teóricas* planteadas más adelante, mismas que sirvieron para diseñar el estudio de caso y formular las preguntas de investigación que permitieron estudiar y entender el fenómeno del desarrollo de un nuevo producto, desde la perspectiva de la gestión tecnológica. Se explica la manera en que se define inicialmente un *concepto del producto* y como este concepto inicial evoluciona por las interacciones entre los diferentes actores, en la medida que se va aprendiendo y se aplican los resultado de ese aprendizaje. Se decidió utilizar la metodología del estudio de caso porque esta contribuye al conocimiento y entendimiento de un fenómeno individual y organizacional complejo. El estudio de caso permite que la investigación retenga las características holísticas y el sentido de los eventos de la vida real. El problema fundamental de la metodología consiste en definir qué es el “caso”. El individuo es la *unidad de análisis* primaria, varios individuos o “casos” pueden ser incluidos en un estudio multi-caso. El “caso” también puede ser algún evento o entidad que es menos bien definido que un individuo único. Los estudios de caso pueden realizarse respecto a programas, procesos de implementación, y respecto al cambio organizacional (Yin, 1991). En la investigación de tesis la *unidad de análisis* es un caso individual, relativo a un proceso de implementación administrado como un proyecto de DT.

Preguntas de investigación

El propósito de la investigación de tesis ha sido profundizar en el entendimiento del fenómeno relacionado con el desarrollo de productos, desde su concepción hasta su prueba. Se ha dado especial atención a las etapas de pre-lanzamiento ya que el interés puntual es la definición del concepto de producto y su prueba. Típicamente, en las etapas tempranas del desarrollo se define el *concepto del producto*. Esta definición incluye la evaluación del atractivo del producto y el potencial de mercado, requiere de la calibración de la posible aceptación del producto, implica medir la situación competitiva y dar forma a la idea del producto, plasmada en un diseño conceptual. Otros aspectos técnicos a revisar son: la factibilidad técnica y posibles soluciones, los procesos, la maquinaria, equipo y herramental que pudieran

ser necesarios para la manufactura y la situación en cuanto a los derechos de propiedad industrial.

El *concepto del producto* se confirma en una segunda etapa mediante la realización de un caso de negocio para precisar el mercado objetivo, el concepto con el que se desarrollará el producto con atributos, características y especificaciones, el posicionamiento que se pretende darle en el mercado y la propuesta de valor para el cliente. En esta etapa, el proyecto debe estar justificado con un análisis de negocios, una justificación financiera y un análisis de riesgo. Con todos estos ingredientes se requiere definir un plan de acción que no es otra cosa sino el proyecto del desarrollo del nuevo producto hasta su lanzamiento.

Comúnmente se asume que una vez definido todo lo anteriormente descrito se decide iniciar el proyecto con todas sus implicaciones financieras y operacionales, apostándole al *concepto del producto* que fue claramente establecido. La realidad es que durante las etapas de desarrollo, con mucha frecuencia ese concepto claramente establecido cambia y las implicaciones de ese cambio son muy serias desde las perspectivas estratégicas, financieras y operacionales. Con frecuencia, el hecho de no distinguir entre los tipos de innovación ni entender claramente la necesidad de gestionar de manera diferente un proyecto de DNP de un proyecto de DT conduce a las implicaciones mencionadas, por lo que es necesario conocer, entender y explicar el contexto y las fronteras entre ambos tipos de desarrollo. A partir de esta situación, surge la pregunta central de investigación:

¿Cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto?

A partir de esta pregunta central se derivan otras tres:

- ¿Por qué es diferente la *prueba del concepto* en la innovación discontinua de productos?

- ¿ Como influye la creación y conversión de conocimiento nuevo en la *innovación discontinua* de productos?
- ¿De que manera participan los usuarios líderes en la definición y *prueba del concepto*?

Proposiciones teóricas

Los modelos de innovación han evolucionado importantemente en las recientes décadas, con tendencias a incrementar la interacción entre desarrolladores y usuarios y con mayor influencia de tecnologías y mercados cada vez más sofisticados y complejos. Los modelos para gestionar el proceso de DNP propuestos en la literatura no siempre distinguen el tipo de innovación y por lo mismo no responden con claridad a la pregunta:

¿cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto?

La respuesta a esta interrogante, implica profundizar en el análisis de los procesos de DT y DNP para conocer cuáles son los factores que intervienen en la exploración y búsqueda del *concepto del producto*, utilizando para ello el estudio de caso del DT de un producto que nació bajo un concepto que evolucionó por la interacción entre desarrolladores y usuarios potenciales.

Los estudios de caso, como los experimentos, pueden ser generalizados hacia propuestas teóricas y no a poblaciones o universos. En este sentido un estudio de caso, como un experimento, no representa una “muestra” y la meta del investigador es expandir y generalizar teorías (generalización analítica) y no enumerar frecuencias (generalización estadística). Se buscó así responder a la interrogante antes planteada, partiendo de las siguientes *proposiciones teóricas*:

1. El desarrollo de cualquier nuevo producto implica un DT para probar si el concepto de producto o propuesta técnica de solución resuelve una necesidad o problema.
2. A partir del concepto original del producto, este evoluciona y se transforma por la influencia de la tecnología y el mercado y por una serie de iteraciones entre los procesos de DT y DNP.
3. La interacción entre usuarios y desarrolladores y la experimentación genera el conocimiento que conduce a una definición del concepto final del producto, con mayores posibilidades de éxito en el mercado.

Una vez definida la estrategia general de análisis a partir de las proposiciones teóricas, se seleccionó como modo dominante el análisis de series de tiempo y en particular, la cronología.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caso de estudio, diseño y evidencias

La investigación cualitativa, con carácter explicativo, se realizó de marzo a octubre de 2013 siguiendo la metodología del estudio de caso (Yin, 1991). La unidad de análisis es un caso individual, relativo a un proceso de implementación administrado como un proyecto de DT realizado por CIATEQ, A.C., un centro público de investigación cuya sede principal está ubicada en Querétaro, México. El proyecto se denominó:

**“Equipo de extrusión para producir alimento para ganado,
a partir de los residuos agrícolas de las cosechas”.**

Las fronteras del caso están definidas por el fenómeno a estudiar: el proceso de DNP por un grupo de investigadores, más que por una organización, hasta la fase en que se ha logrado avanzar según las circunstancias en el tiempo, la primera el momento en que se manifestó la idea en 1997 y la segunda, el grado de desarrollo alcanzado por el producto y el proceso hasta el año 2013 con sus manifestaciones en el ámbito comercial y de negocios, pero que no se han concretado aún en un lanzamiento comercial masivo.

En el estudio de caso, fueron consideradas las cinco componentes del diseño de investigación: 1) las preguntas a estudiar, 2) las proposiciones teóricas, 3) la unidad de análisis, 4) la lógica que relaciona a los datos con las proposiciones y 5) los criterios para interpretar los hallazgos.

Las preguntas de investigación y las proposiciones de estudio fueron formuladas al final del capítulo III. En este capítulo se describe la unidad de análisis y los resultados y se concluye el trabajo de investigación analizando la lógica que

relaciona los datos con las proposiciones así como los criterios que se utilizaron para interpretar los hallazgos.

Para la investigación fueron utilizados los siguientes métodos y materiales:

- Revisión documental relacionada con el proyecto

Inncom (2007), *Propuesta para Integrar el Plan de Negocios y Comercialización de la Tecnología de un Extrusor de Alimentos para Animales, Desarrollado en el CIATEQ*, Innovación y Competitividad, S.A. de C.V. (El resumen ejecutivo se incluye en el apéndice)

Gonzalez-Valadez, M. et al, (2008) *Design and evaluation of an extruder to convert crop residues to animal feed*, Elsevier

Muñoz, G., González, M. (2000) *Reporte técnico de avances del proyecto Definición de Factores Estadísticamente Significativos en el Proceso de densificación de Materiales Lignocelulósicos*, CIATEQ, A.C., Reporte interno.

Muñoz, G., et al, (2001) *Diseño, Fabricación y Pruebas de una Máquina de Elaboración de Alimento Animal a Partir de Residuos Agrícolas y Agroindustriales*, CIATEQ, A.C., Reporte interno.

Muñoz, G., Pozos J., (2002) *Implementación de una Planta para Producir alimento para Rumiantes a Partir de Residuos Agrícolas en el Municipio de Huimilpan*, CIATEQ, A.C., Reporte interno.

Sánchez, R., et al (XXXX) *Influencia del Proceso de Extrusión sobre el Aprovechamiento de Raciones Altas en Forrajes Toscos Ofrecidas a Rumiantes: I. Optimización del Proceso de Peletizado*.

Romero, B., et al (2007) *Comportamiento productivo de conejas reproductoras alimentadas con forrajes toscos*, XII Congreso Bienal Amena, Veracruz

Bernal, G., et al *Utilización de Raciones Altas en Forrajes Toscos Extrudidas Sobre el Comportamiento Productivo de Rumiantes* 3er. Encuentro: Participación de la Mujer en la Ciencia

- Entrevistas semi-estructuradas² a manera de narración (Flick, 2004), para captar la experiencia de los siguientes actores:

² La transcripción de las entrevistas se incluye en el apéndice 3

Persona	Función	Papel desempeñado en el proyecto
Dr. Guillermo Muñoz	Investigador de CIATEQ, promotor y líder del proyecto. (dejó el Centro en agosto del 2013)	Desarrollador principal
Dr. Agustín Escamilla	Jefe de Grupo de Investigación en CIATEQ	Supervisor-colaborador
Mtro. Fernando Baquero	Director de Investigación en CIATEQ. (dejó el Centro en mayo del 2013)	Director responsable de dirigir el proyecto y gestionar recursos
Dra. Guadalupe Bernal	Investigadora en la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAQ	Responsable de coordinar la realización de las pruebas del alimento proporcionado a los animales y evaluar sus resultados
Ing. Juan Carlos Feregrino	Director Ejecutivo de Unión Ganadera Delicias	Empresario, principal usuario del equipo. Ha estado realizando pruebas y mejoras desde el 2008

Tabla 4.1.- Principales actores entrevistados

- Reportes internos y registros del sistema de administración de proyectos de CIATEQ.³
- Observación directa de la operación del equipo
- Se analizaron cronológicamente los eventos y las actividades relevantes, según se muestra en la línea de tiempo mostrada en las páginas 139 y 140.

³ Según dichos reportes CIATEQ invirtió en el proyecto, hasta mayo de 2013, \$5.8 millones, incluyendo el costo de 20,237 horas de los ingenieros e investigadores participantes. La inversión de la UAQ fue muy significativa, pero se desconocen los montos y número de horas dedicadas por los investigadores.

LÍNEA DE TIEMPO: 1997-2003

DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL EXTRUSOR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA PRODUCIR ALIMENTO PARA GANADO

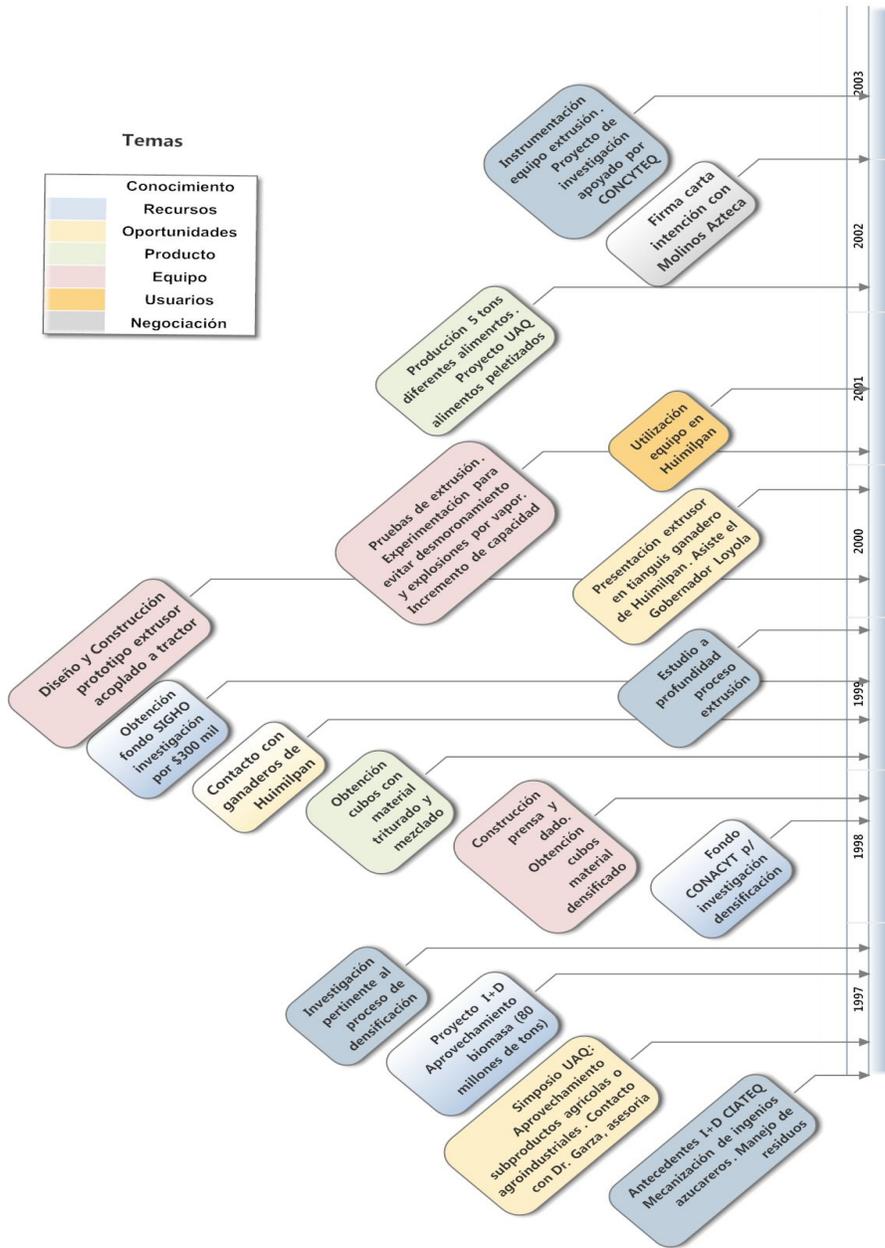


Figura 4.3.- Línea de tiempo 1997-2003
Fuente: Elaboración propia

LÍNEA DE TIEMPO: 2005-2012

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE EXTRUSOR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA PRODUCIR ALIMENTO PARA GANADO

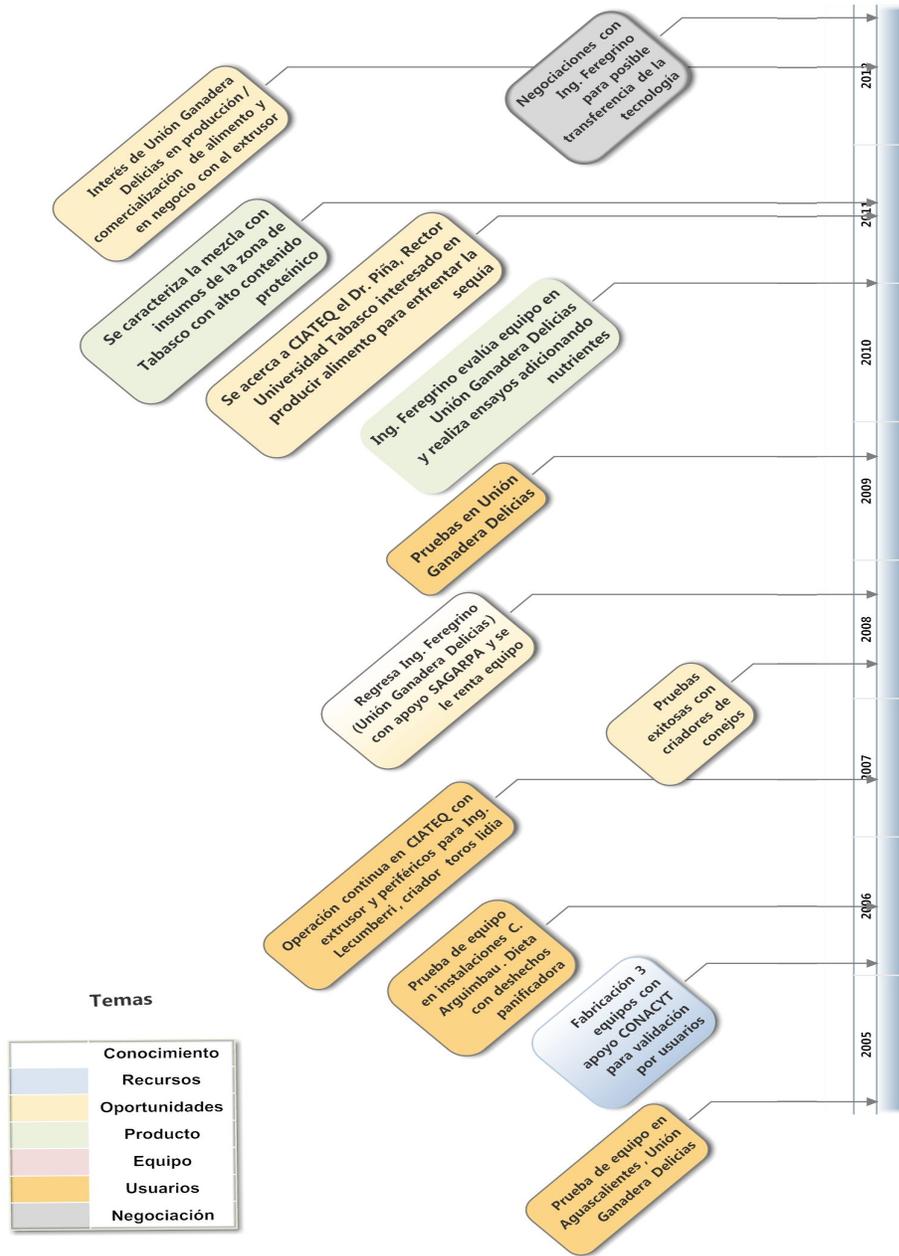


Figura 4.4.- Línea de tiempo 2005-2012
Fuente: Elaboración propia

Resultados de la revisión y de las entrevistas

El conocimiento previo y la identificación de la oportunidad

Por casi una década y hasta el año 2000, investigadores de CIATEQ, A.C. colaboraron intensamente con el sector azucarero del país para apoyarle en mejorar tecnológicamente. Al estudiar el proceso de mecanización de la cosecha de caña de azúcar, se discutía entre los investigadores cómo aprovechar los residuos, que representan el 23% del peso total de la caña. Había en principio dos alternativas: utilizarla como combustible o como alimento para ganado. La combustión de biomasa ya había sido investigada por CIATEQ a profundidad. En 1997 se retomó el tema y se encargó al Dr. Guillermo Muñoz iniciar un proyecto para aprovechamiento de la biomasa, identificándose un área de oportunidad importante en los 60 millones de toneladas anuales de residuos de maíz que se producen en el país. Se definió concretamente la oportunidad cuando, en el mismo año, en la UAQ se organiza un simposio sobre el aprovechamiento de subproductos agrícolas o agroindustriales. El Dr. Muñoz asistió a ese simposio, quién obtuvo datos de nutrición de esas materias primas, que son de muy baja calidad, pero al mezclarla con otros ingredientes que también son subproductos, se podrían hacer dietas de buena calidad y aprovechando un proceso de densificación se podrían elaborar alimentos, como área de oportunidad ante la sequía que estaban sufriendo año con año los productores ganaderos. Con la materia prima existente se haría un producto con muy buenas características, que les hacía falta a los ganaderos, se almacenaría para disponer de él cuando se quisiera.

Una vez que se concretó la idea de aprovechar los residuos de las cosechas, los investigadores de CIATEQ se dieron cuenta que no existía información técnica suficiente acerca de esos materiales. Había necesidad de generar conocimiento nuevo acerca de la densificación de los materiales lignocelulósicos. Sería necesario caracterizar los materiales, porque no estaban documentados en la literatura y su manejo no es fácil. Había que encontrar un modelo reológico para predecir el comportamiento en la compactación de esos materiales: ángulo de fricción, cómo

atacar la tendencia natural de dichos materiales a no fluir y hacer cavernas, manejar todo el tamaño de partículas, etc. Había que trabajar en a descripción de un nuevo material en las condiciones en que está normalizado hacerlo.

Para generar ese conocimiento que hacía falta, los investigadores de CIATEQ realizaron, en 1999, un proyecto para definir los factores estadísticamente significativos en la densificación de materiales lignocelulósicos (Muñoz G., González, M., 2000). Se adecuó una prensa hidráulica y se construyó un dado para simular el proceso de densificación de las mezclas de materiales recomendadas por los investigadores de la UAQ. El análisis inició con la consideración de siete factores a través de un diseño factorial fraccionado y el análisis de la varianza, finalmente se seleccionaron cuatro factores: contenido de humedad, temperatura del dado, presión de compresión y tamaño de las partículas, utilizando un nivel de confianza del 99% ($p\text{-value}<0.01$). Había que averiguar si la mezcla de materiales, una vez sometidos a la presión, se mantenían sólidos. Así fue, el material, un cubo obtenido con esta presión se mantenía de una pieza, sin deformarse, sin desmoronarse; se produjeron de esta manera cubos densificados con un peso aproximado de 200 gramos, una durabilidad de 95.31% y una densidad de 650 kg/m³.

Definiendo el concepto inicial del producto y su prueba

Ya se contaba con muestras de material densificado a partir de material triturado y mezclado: residuo de maíz, con algo de alfalfa y granos en una proporción muy baja. Ahora era necesario confirmar la necesidad de los usuarios potenciales: los pequeños productores de ganado. Era necesario contactarlos y mostrar la idea. Para ello, los investigadores de CIATEQ se acercaron a representantes de la SEDEA (Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Querétaro) y al delegado de la Secretaría de Agricultura quién consiguió entonces una cita con unas quince personas, representantes de los productores de ganado a quienes se les mostraban los cubos y se les explicaba cual sería la idea: acopiar residuos en la temporada de cosecha, densificarlos y suministrarlos al ganado. Algunos se interesaron e hicieron contactos

con asociaciones locales de Amealco de Amazcala, después se platicó con ellos, manifestaron interés pero no progresó. Los investigadores de CIATEQ siguieron buscando a través de SEDEA y contactaron con representantes de la Asociación de Ganaderos de Huimilpan y hubo respuesta positiva.

En 1999, se reunió a un grupo de pequeños ganaderos a quienes se les explicó la idea de acopiar residuos en la temporada de cosecha, densificarlos y suministrarlos al ganado en épocas de sequía. Los investigadores de CIATEQ les mostraron los cubos densificados, les agregaron agua y estos se expandieron de manera similar a como lo harían en el estómago del animal, luego los proporcionaron a los animales, que los consumieron sin ningún problema. El entonces Presidente de la Asociación de Ganaderos de Huimilpan, Rodolfo Monroy Sandoval, quien ya falleció, manifestó enfáticamente su interés por la idea y su disposición a apoyar en lo necesario para llevarla a la práctica. Una vez identificado el posible usuario, los investigadores buscaron financiamiento para el proyecto. Se presentó al Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo (SIHGO) la propuesta del proyecto: **“Diseño, Fabricación y Pruebas de una Máquina de Elaboración de Alimento Animal a Partir de Residuos Agrícolas y Agroindustriales”**. El proyecto se aprobó en el año 2000.

Definiendo el proceso de densificación

Para disipar la incertidumbre técnica acerca de la mejor manera de densificar el material era necesario experimentar a partir de dos principios: briqueteado y extrusión. El briqueteado o cubicado, que se utiliza en las plantas de alimentos balanceados, se realiza por la acción de un rodillo que gira excéntricamente dentro de un anillo, el anillo tiene muchos agujeros radialmente colocados y lo único que hace es que el material se mete entre el rodillo y el anillo y luego lo empuja hacia fuera a través de los agujeros. Este concepto aunque si densifica, no hace un daño mecánico a la fibra, simplemente la va juntando y propiamente dicho la empaqueta; lo que los investigadores de CIATEQ buscaban era hacer daño a la fibra. Esto sólo se logra con

la extrusión. La extrusión es un proceso conocido desde el siglo XVIII, ha sido definida como el proceso de forzar un material a través de una abertura específicamente diseñada. Los primeros extrusores para producir alimentos, fueron utilizados en Italia a mediados de los años 1930's, para producir pasta. El principio de esos extrusores de tornillo sin-fin sencillo permanece igual con desarrollos recientes enfocados a incrementar la capacidad y mejorar el control (Riaz, 2000). El tornillo sin-fin que al rotar empuja el material y lo va y girando, provoca una fricción interna entre el mismo material por las diferentes velocidades y se puede decir que eso hace que el material tienda a desmembrarse y al final de cuentas lo que ese desmembramiento provoca es la densificación del material pero no altera mecánicamente a la fibra. Se logra, en cambio, una unión física como si fuera un aglomerante.

Se percibió entonces que el proceso de extrusión podría ser lo más sencillo y viable, sobre todo porque el producto no necesitaría un proceso de vaporización para dar textura, como es el caso del cubicado. Por ello, la extrusión, en este caso, sería más barata, sin más procesos para lograr el producto. Se discutió qué se iba a hacer, la decisión se concretó cuando los investigadores se preguntaron ¿qué es lo que mata bacteriológicamente esos productos? La respuesta es: la humedad. Entonces se decidió trabajar el material a baja humedad y compactarlo para con eso eliminar las posibilidades del deterioro bacteriológico. Fue una consecuencia de analogías con otro tipo de productos: el alimento para perros que tiene una alta vida de anaquel. Entonces se rompe el esquema y se hacen pellets para ganado.

DT del equipo extrusor

Una vez que se optó por la extrusión, fue necesario que el Dr. Muñoz, profundizara en el tema de la extrusión, tema de su tesis doctoral. A la opción seleccionada para el diseño final siguió una amplia evaluación de las tecnologías de extrusión existentes y los parámetros importantes del proceso. El contenido de humedad del material afecta la densidad y durabilidad del producto y determina el consumo de potencia en el proceso. Una alta temperatura suaviza el material e

incrementa su habilidad para fluir lo que a su vez hace que decrezca el consumo de potencia y se incremente la capacidad, reduciéndose el desgaste en las superficies en contacto. La presión se crea como resultado de la reducción en volumen por la compactación del material. La presión es uno de los más importantes parámetros en el diseño de la máquina porque determina el esfuerzo en los elementos estructurales. Por otra parte, el consumo de potencia y la capacidad del extrusor dependen algunas variables cuyo valor es usualmente difícil de conocer en la práctica debido al hecho de que cada mezcla tiene diferentes condiciones internas que última instancia afecta al producto. Para obtener suficiente información respecto al proceso, las pruebas de laboratorio resultan ser indispensables (González-Valadez, 2008). Uno de los parámetros más importantes cuando se define la configuración geométrica del tornillo sin-fin es la relación de compresión. La relación de compresión es el volumen de desplazado por una vuelta completa del tornillo en la entrada de la zona de compresión, dividido por el volumen desplazado por una vuelta completa del tornillo justo antes de la descarga (Riaz, 2000).

El Dr. Muñoz comenzó a revisar las ideas y a realizar los primeros conceptos de la máquina, y se percató de que la información que verdaderamente era necesaria, como los tiempos de relajación, las velocidades de retención dentro de las máquinas, no estaba disponible. Estudió el material macroscópica y microscópicamente así como los modelos matemáticos que validó. Aplicó la metodología de diseño que comprende la ingeniería conceptual, la ingeniería básica y la ingeniería de detalle. Para la generación de alternativas dentro de la ingeniería conceptual se consideraron varios sistemas: el sistema de transmisión de potencia, el arreglo de los rodamientos, el sistema de alimentación, el barril, el tornillo extrusor, el dado de extrusión y la estructura de soporte. Con base en la revisión bibliográfica y los manuales para la selección de elementos mecánicos, se pudo obtener el concepto final para el diseño de la máquina. Las actividades de ingeniería básica comprendieron los cálculos por resistencia como: el espesor de la hélice, la deflexión del tornillo, el espesor del barril, las soleras anti-rotación, la relación de compresión del tornillo, la estructura, etc. Dentro de la ingeniería de detalle se elaboraron los planos de fabricación y ensamble

necesarios para construir la máquina. (Muñoz, et al, 2001). Empezó así a surgir el desarrollo como algo físico: un extrusor cuya parte funcional es un tornillo sin fin con ciertas características que comprime el material que se va reduciendo en volumen a medida que avanza entre el tornillo y la carcasa y al final sale un “churrito”. Este primer prototipo, como estaba dirigido a la zona rurales, en su concepto inicial, propuesto por el entonces Presidente de la Asociación de Ganaderos de Huimilpan, se hizo móvil de manera que pudiera ser impulsado por un tractor agrícola; así se conceptualizó y así se construyó. El concepto del equipo resultó ser una máquina muy simple que reunía la condicionante del usuario potencial: que el extrusor se operara con un tractor agrícola, aplicando la toma de fuerza como medio de obtener la potencia necesaria. Fue así como con los recursos del SIHGO se diseñó y se construyó el prototipo del extrusor. En la figura 4.5, se muestra el concepto inicial del extrusor.

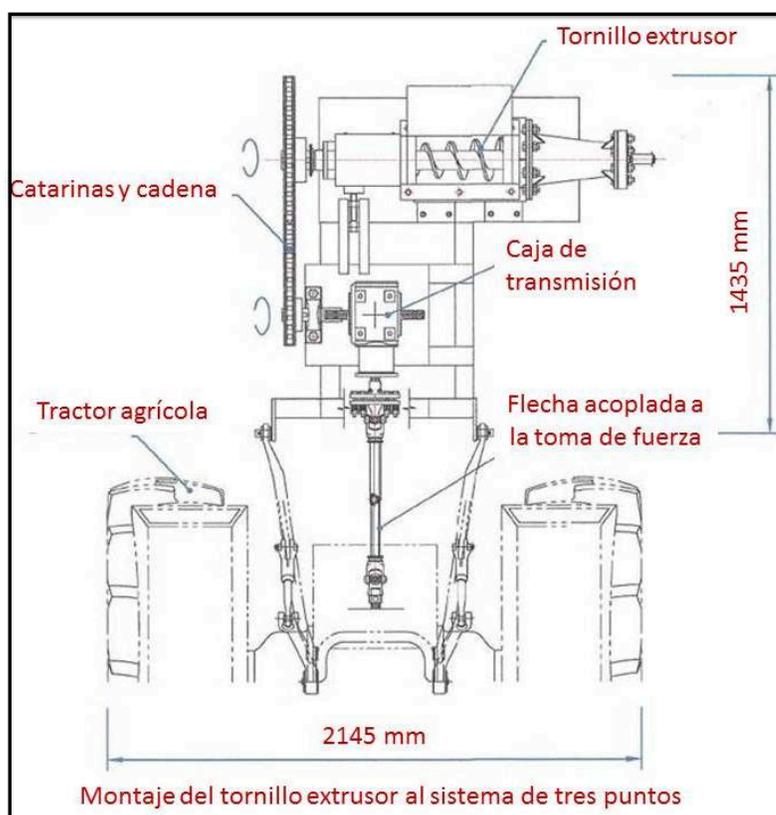


Figura 4.5.- Extrusor montado al sistema de tres puntos del tractor agrícola categoría II Fuente: González-Valadez, 2008)

Probando el prototipo y obteniendo las primeras muestras de alimento

Comentó el Dr. Muñoz: “se tenía ya el prototipo de extrusor, mismo que fue diseñado con una cuidadosa metodología de acuerdo a la teoría en uso, pasando por la ingeniería conceptual, la ingeniería de detalle y después una cuidosa manufactura. Se probó el prototipo y ¡no funcionó! No funcionó como se esperaba, simplemente no salió el producto”. Se revisó para ver por que no funcionaba y lo primero que se observó es que no se lograba el torque necesario para poder operar la máquina, no alcanzaba el torque disponible. Se atribuyó el problema al comportamiento no lineal de los materiales lignocelulósicos y con las suposiciones que se hacían en la teoría, se tendió a “linealizar, una curva se convierte en rectas en los diferentes segmentos de la curva, ahí se dan los errores que son acumulables. Y vinieron las sorpresas, simplemente no funcionó el equipo. Ahí se dió la primera iteración, revisar qué cosa se hizo mal. Se redujo el torque, lo que se facilitó por que las velocidades eran más altas de lo necesario. Se tenía confianza por que los consumos de energía estaban en los rangos previstos y se podían variar las velocidades y torques de manera proporcional. Al reducir las velocidades se tuvo más torque y el material empezó a salir. Entonces surgió otro problema: salió el producto pero en partes, como por explosiones, ¡con vapor! y el material ya densificado salió expulsado como balas. Los investigadores se dieron cuenta que había un proceso de secado en el propio extrusor porque expulsaba vapor. Se metían los materiales a una humedad y salían del extrusor a otra menor. Algo similar sucedía con la temperatura, era muy alta. Todo esto se tuvo que ajustar y ya ajustado, los investigadores se dedicaron a realizar diseños experimentales, con los que se agregó al conocimiento del proceso que ya tenía en el laboratorio, el ahora generado bajo condiciones de un prototipo. Una vez resueltos los problemas de falta de torque y alta temperatura se comenzaron a producir pellets continuos, aunque la capacidad era baja e inestable. El hallazgo más importante fue que se logró un buen desempeño manteniendo la velocidad a 60 rpm y el contenido de humedad al 15%. La temperatura también jugó un papel importante en el proceso misma que se incrementó con el tiempo.

La colaboración de los investigadores de la UAQ

La colaboración entre investigadores de CIATEQ y de la UAQ hizo posible iniciar el DT. En 1997 la UAQ organizó un simposio sobre forrajes y esquilmos agrícolas para la alimentación animal. El simposio fue apoyado por el Dr. Juan de Dios Garza que entonces trabajaba en el INIFAP, en el CENID que está en Ajuchitlán. y por la Dra. Guadalupe Bernal, quién estaba en la dirección de investigación y posgrado de la UAQ. Entre los investigadores de CIATEQ que asistieron al congreso estaba el Dr. Muñoz, quién estableció una buena relación con el Dr. Garza y se empezó a interesar en el tema de los forrajes toscos. Comenta la Dra. Bernal que no volvió a saber de él hasta el año 2000 cuando el Dr. Garza, quién siguió trabajando con el Dr. Muñoz, se lo refirió. Ya había empezado el proyecto apoyado por el SIHGO y al volver a tomar contacto, la Dra. Bernal se refería al Dr. Muñoz como alguien muy entusiasta y “muy ingenieril” a quién no le entendía, así que le dijo “lo primero es ver que no dañe al animal”, porque era un restrojo que no servía, pero que tenía alguna calidad nutritiva. Había que ver si esa calidad nutritiva no se vería afectada por el proceso.

Los investigadores empezaron haciendo pruebas con puro rastrojo comprimido, con unas vacas en el rancho GV, ubicado entre Chichimequillas y la Griega. Les sorprendió la manera en que los animales aceptaron el producto. “¡Sí sirve!” dijo entonces la Dra. Bernal. La idea original era comprimir los forrajes toscos para que se llevaran a la sierra en épocas de sequía porque no hay forraje allá en la sierra, y la solución la tenía la Asociación Ganadera ahí. Enseguida vino una convocatoria de Fundación Produce, a la que respondió la UAQ y se aprobó el apoyo. A partir de ahí empezaron a evaluar. La Dra. Bernal propuso entonces incluir una ración integral, puesto que lo ideal en el ganado es que coma de todo, y así fue: se preparó alimento para toretes y para borregos y luego se vio la oportunidad para conejos; de esa manera fue evolucionando el concepto.

Con lo anterior, se demostró entonces que la calidad nutritiva no se afectaba, pero además resultó que los animales ganaban peso. El producto era más efectivo

porque cambiaba la proteína. No faltaron los cuestionamientos, había en la escuela un profesor especialista en conejos que dijo: “muy bien para engorda, pero no vaya a tener problemas para las reproductoras, que les vaya a bajar la fertilidad o algún parámetro reproductivo de las conejas”. Se regresó con Fundación Produce y se les convenció para evaluarlo en conejas y en sus parámetros productivos, fue un éxito. El trabajo se hizo bajo condiciones controladas en la facultad y en condiciones de campo, en Tolimán, con unas productoras de conejos; se le regaló el alimento y se comparó contra el comercial (Purina). Los resultados: las conejas ganaron peso, su comportamiento no cambió, es un alimento que cuesta 50% menos. Otro cuestionamiento provenía del Dr. Everardo González Padilla cuestionaba mucho la utilidad del extrusor desde el punto de vista de eficiencia energética, pedía que se demostrara que la energía que entraba era la que salía. Se hicieron cálculos de la energía metabolizable y la energía de producción de los animales y todo cuadraba, pero no era posible convencerlo.

Los investigadores de CIATEQ y el Ing. Feregrino argumentan que al extruir el producto y calentarlo se mejora la digestibilidad por que el proceso contribuye a la separación de lignina y celulosa. Los investigadores de la UAQ, que realizaron pruebas de digestibilidad, por su lado sostienen que esta no se altera ni para bien ni para mal. Explicó la Dra. Bernal: “en la pared de una célula vegetal hay celulosa, hemicelulosa y lignina. Entre estas capas también hay proteína, que se asocia a la pared celular. Esto hace que el forraje tenga diferentes niveles de digestibilidad: más celulosa, más digestible; más lignina, menos digestible. Cuando se somete a calor, se genera una reacción que se llama de Maillard (una reacción que se da con ciertas funciones de calor, humedad y presión, pasando los 60 grados), en donde los carboxilos de los carbohidratos se adhieren a los grupos aminos de la proteína y esto no lo rompen ni las bacterias. Hay unos hongos exclusivos que lo rompen, pero no están presentes en el rumen. La temperatura del extrusor a veces llegaba a 100 grados, solamente en la salida, adentro no, sólo a veces porque explotaba sobre todo en el pellet para conejos. Sucede que la lignina, un polifenol de una composición muy variable y que es indigestible, empieza a incrustarse a la hemicelulosa y a la celulosa

que es son digestibles en el rumen. Cuando empieza a hacer esta polimerización la digestibilidad se va para abajo, y el nitrógeno asociado a eso queda atrapado, este nitrógeno no se aprovecha. El calor daña las cosas, no favorece, lo que hace falta es demostrar que pasa con el nitrógeno que en la alimentación del rumiante se divide en nitrógeno soluble e insoluble. El soluble, que viene de la urea, tiene un patrón de fermentación rapidísimo; y luego vienen otras fracciones que ya son nitrógeno asociado a la proteína que tiene diferentes grados de solubilidad dependiendo de los aminoácidos que estén presentes ahí; y está después el nitrógeno insoluble que es el que se asocia a la pared celular. Lo que se quería hacer era fraccionar esto para ver si el nitrógeno estaba en la fracción A, B o C para saber si el proceso en el que estábamos sometiendo alteraba estas proporciones. En el mercado, el alimento integral no sólo lleva el forraje, sino pasta de soya, de ajonjolí, urea, y todo esto al pasar por el calor, ¿se solubiliza o se insolubiliza?”. Agrega la Dra. Bernal: “Es lo que se quería demostrar, pero ya no se pudo, no hubo recursos. Al no entenderse estos conceptos, lo que dicen el Dr. Escamilla y el Ing. Feregrino no es del todo verdadero. Es por ello que se quería dar ese último paso, se ve el producto, falta decir se debe a esto”.

Concluye la Dra. Bernal: “Si la dieta está bien balanceada la extrusión no la altera, o si lo hace es para bien. En lo que ayuda el extrusor es que el material llena los requerimientos de materia seca que es lo primero, porque si usted le da puro rastrojo, el animal se tiene que comer 15kg de materia seca y se va a llenar. En cambio, si le da 15kg de cubos o pellets se los come sin problema. Además de los beneficios de que no se desperdicia, el manejo es mucho más sencillo. Yo sí recomiendo el extrusor, a qué nivel, no lo puedo decir porque depende del escalamiento. Pero si yo quiero producir alimento para vender es una buena opción, sobre todo si lo hago mediante un motor eléctrico y tengo la infraestructura básica para poderlo comercializar. Pienso que ese es el eslabón que falta. Estoy segura de que esto sería una panacea para mandar forrajes a lugares donde no hay a un bajo costo”.

La colaboración de los usuarios líderes en las pruebas y mejoras

En el año 2003 se comenzó a gestionar la comercialización del DT. Para transferir la tecnología, se firmó una carta de intención con Molinos Azteca y se envió el prototipo a su planta en Jalisco. Se probó tratando de densificar una dieta con un nivel de humedad muy alto, lo que no se logró. Esto obligó a los investigadores de CIATEQ a volver al laboratorio para ajustar el proceso a un producto con claras especificaciones. Se obtuvieron fondos de CONCYTEQ para instrumentar el prototipo obteniéndose resultados importantes en el conocimiento de las variables del proceso.

El conocimiento de las variables del proceso de extrusión hizo posible realizar posteriormente, y de manera controlada, numerosas pruebas de desempeño. Estas pruebas mostraron que la mayoría de los requerimientos de los pequeños productores podrían ser satisfechos con este extrusor (González-Valadez, 2008). La densidad del pellet se encontró en un rango entre 315 a 453 kg. por metro cúbico satisfaciendo en un 92% los parámetros de durabilidad establecidos en las normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE Standards, 1998). La calidad del producto está en función de la durabilidad y la densidad. La durabilidad se refiere que el producto no se desmorone, la densidad es muestra de una consistencia tal que posibilite el consumo por los animales. Si el producto no se expone a la humedad, tiene una vida de anaquel considerablemente alta, de varios años. Como se dijo antes, había la preocupación entre los investigadores por lograr compactar el material con baja humedad, para eliminar las posibilidades del deterioro bacteriológico.

En 2005, se envió el equipo a Aguascalientes, a la Unión Ganadera Delicias. El Director Ejecutivo de la empresa comentó en la entrevista: “El equipo era muy rudimentario, pero me causó mucho interés por el concepto y las posibilidades que le vi por su simpleza, algo que normalmente ocupa grandes instalaciones periféricas de vapor y energía, este equipo lo hacía más sencillo. Una vez probado, se regresó el equipo a CIATEQ con recomendaciones para mejorarlo.

En el año 2006, CIATEQ prestó el equipo a un ganadero de Querétaro a condición de tener retroalimentación. Se trabajó con una dieta diferente que las vacas comían sin problema, dejando de seleccionar los residuos que recibían en las mezclas, antes de peletizarse el alimento. Se presentó después un ganadero criador de toros de lidia, de Colón, Qro., vió trabajando el equipo, le gustó y pidió que se le vendiera pero quería la exclusividad, finalmente se le rentó el equipo.

En 2007, CIATEQ obtuvo recursos de CONACYT para apoyar la comercialización del DT y se fabricaron tres equipos. Como lo señaló el consultor Inncom (2007), era necesario operar ininterrumpidamente el equipo a fin de que se pudiera disipar la incertidumbre acerca de su rendimiento, confiabilidad, etc. El proyecto creció y se acordó con el ganadero criador de toros de lidia construir una micro planta en las propias instalaciones de CIATEQ, a cambio de que se cubrieran los costos y gastos de la operación, el concepto de una micro planta se ilustra en la figura 4.6.

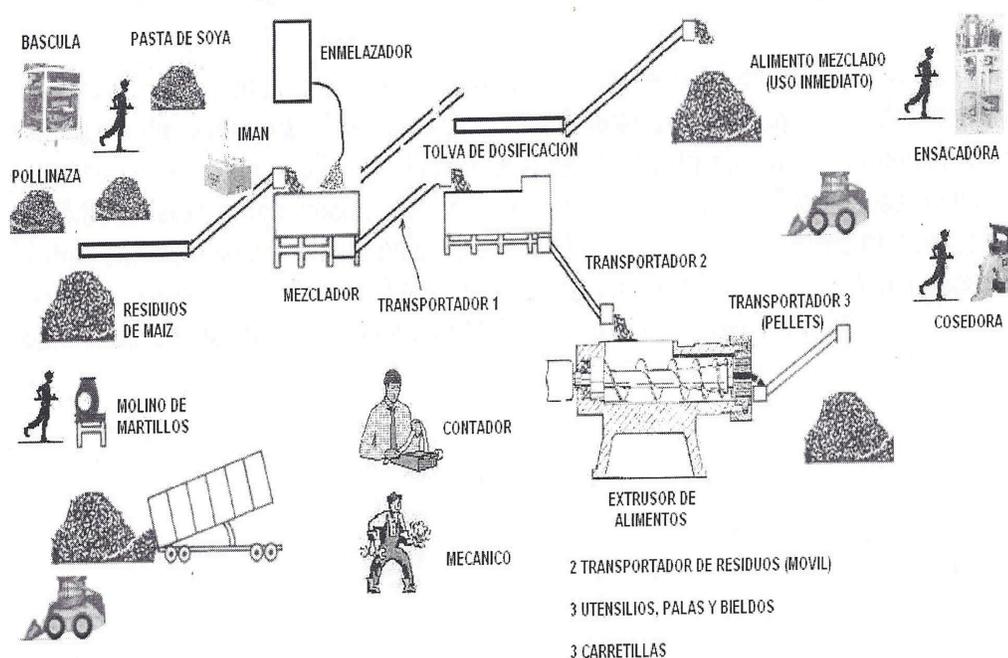


Figura 4.6.- Esquema general del proceso en micro-planta para elaborar alimento para rumiantes a base de residuos agrícolas y agroindustriales
Fuente: Muñoz, G. y Pozos, J. (2002)

La micro planta implementada en CIATEQ incorporó los equipos esenciales: mezclador, transportadores, tolva de dosificación y desde luego el extrusor. Su operación abrió la oportunidad de diseñar y probar una unidad de producción integrada que había sido contemplada años antes, como alternativa al concepto inicial del extrusor montado al tractor (Muñoz, G., Pozos J., 2002). La experiencia fue importante, se vieron desgastes, se hicieron correcciones al equipo, se probaron nuevas tecnologías para aumentar la vida en la punta del tornillo. Se fabricaron y probaron tornillos fundidos, pero resultaron ser muy frágiles. La prueba e interacción con este usuario fue muy útil pero la relación terminó por que el ganadero y CIATEQ no lograron establecer una relación de mutuo beneficio que promoviera la difusión y uso del DT.

En el 2008, regresó el Ing. Feregrino, Director de la Unión Ganadera Delicias, cuando se le informó que CIATEQ ya tenía el equipo con los requerimientos previamente solicitados. Se firmó un contrato de arrendamiento y se llevó el equipo a sus instalaciones en Aguascalientes para retomar las pruebas. Con recursos de la SAGARPA y dinero aportado por el mismo usuario, este continúa probando y espera hacer pronto un prototipo comercial que cumpla con las expectativas de operación en condiciones de una granja. El usuario percibe claramente la necesidad de validar que se cuenta con un equipo confiable, eficiente y económicamente rentable. Planea para 2014 terminar de montar una planta piloto para probar bajo condiciones de producción y comercializar el alimento. Con esto espera definir el concepto final, el propio extrusor, como el equipo principal de una unidad de producción integrada.

Análisis de las evidencias en el estudio de caso

El análisis de los datos consiste en examinar, categorizar, tabular y recombinar de cualquier otra manera la evidencia, para hacer frente a las proposiciones iniciales del estudio. Para facilitar el análisis de los datos resultantes de las entrevistas y material consultado se ordenaron los datos en orden cronológico,

utilizando para ello una sencilla línea de tiempo. Sin embargo, lo más importante fue la definición de la estrategia de investigación.

En la investigación de tesis se ha adoptado la estrategia basada en el análisis de las proposiciones teóricas, mismas que como se vio antes, fueron formuladas de la siguiente manera: 1) El desarrollo de cualquier nuevo producto implica un DT para probar si el concepto de producto o propuesta técnica de solución resuelve una necesidad o problema, 2) A partir del concepto original del producto, este evoluciona y se transforma por la influencia de la tecnología y el mercado por una serie de iteraciones entre los procesos de DT y DNP. 3) La interacción entre usuarios y desarrolladores y la experimentación generan el conocimiento que conduce a una definición del concepto final del producto, con mayores posibilidades de éxito en el mercado. De esta manera, las proposiciones teóricas dan la pauta para analizar ordenadamente las evidencias del caso, buscando dar respuesta a las preguntas de la investigación, contrastándolas con la revisión de la literatura y los nuevos conocimientos.

Análisis de la primera proposición teórica

El desarrollo de cualquier nuevo producto implica un DT para probar si el concepto de producto o propuesta técnica de solución resuelve una necesidad o problema.

En términos generales, el DT tiene como fin la obtención de conocimiento y capacidades para la solución de problemas prácticos con ayuda de la técnica, en este sentido, la técnica aporta lo necesario para resolver problemas relacionados con el producto en sus tres niveles (Kotler, 1985), y también problemas relacionados con los procesos, tanto productivos, como de mantenimiento y servicio. La proposición al referirse a cualquier nuevo producto, no distingue el tipo de innovación que dio origen al producto, es aplicable a todas ya que el tipo de innovación no es otra cosa que una transición en el tiempo, de radical a evolutiva. Estos dos tipos de innovación pueden

ser tomados para representar los extremos, en un caso implicando un cambio incremental hacia un sistema de producción rígido y eficiente, especialmente diseñado para producir productos estandarizados y en otro caso implicando una innovación radical con las características del producto en cambio continuo. No existen, en efecto, categorías rígidas e independientes, donde hoy la innovación incremental es motivada por reducciones de costo, fueron en su origen, pequeñas y cambiantes unidades intentando la innovación de nuevos productos (Abernathy y Utterback, 1978). Todos los productos existentes en el mercado fueron alguna vez nuevos productos, por lo tanto, requirieron en su momento del desarrollo de un concepto, de su prueba y de las tecnologías del propio producto y de las tecnologías de procesos necesarios para fabricarlo. Al principio fue posiblemente un solo producto que logró llegar al mercado y posicionarse en él con un concepto bien definido y con el paso del tiempo este producto fue diversificándose para crear versiones o modelos diferentes. En algunos casos, la tecnología original y las competencias desarrolladas con el tiempo, permitieron la creación de una plataforma de productos con innovaciones incrementales, pero aún estas innovaciones incrementales demandaron del uso de la tecnología. Más aún, los avances tecnológicos y la combinación de diferentes tecnologías pudieron haber contribuido a mejorar o ampliar la línea de productos, sin que necesariamente se este hablando de un producto radicalmente nuevo.

Se ha dicho que los nuevos productos son la manifestación más evidente de la innovación y ciertamente es común identificar a las empresas innovadoras por sus innovaciones en nuevos productos...¿pero como se perciben los procesos?. Existe una diferencia esencial en la percepción si se considera la innovación de producto de una pequeña empresa de base tecnológica. El producto de esta pequeña empresa es frecuentemente adoptado como equipo de proceso de una gran empresa para mejorar su producción de alto volumen de un producto estandarizado. Están en los extremos opuestos del espectro de los nuevos productos, la pequeña empresa con un producto único de alta tecnología y la gran empresa realizando mejoras incrementales a sus productos, con énfasis en la reducción de costos. La realidad es que, desde la perspectiva de la innovación, debieran considerarse conjuntamente los productos y los

procesos en un DT y en el caso de los procesos no referirse únicamente a los procesos productivos sino también a los procesos involucrados en la comercialización, distribución, mantenimiento y servicio. Bajo esta perspectiva, cualquier proyecto, grande o pequeño, que permita ampliar la línea de productos o actualizarlos modificando una o varias de las dimensiones del producto, podría ser considerado como un DT. En todo caso, la pregunta obligada sería ¿que es un desarrollo tecnológico en el contexto de la investigación de tesis? En la unidad de análisis del caso de estudio está la respuesta: un proyecto de DT que nació bajo la idea de producir alimento para ganado, el producto, aprovechando la oportunidad de utilizar un insumo de costo muy bajo, los residuos de las cosechas. Independientemente de la formulación del alimento, el reto tecnológico era seleccionar y desarrollar el proceso para su fabricación. Pero como en el ejemplo mencionado antes, del pequeño fabricante de equipo altamente especializado, para los investigadores de CIATEQ el producto fue finalmente el extrusor y para los investigadores de la UAQ, el producto era el alimento densificado. De esta manera el caso de investigación es un DT que implica desarrollar el producto y el proceso simultáneamente, lo que eventualmente podría originar dos negocios diferentes para comercializar los productos, que bajo este escenario serían el alimento densificado y el equipo de extrusión. Estrictamente hablando, se trata del DT del equipo extrusor y como tal es necesario contemplarlo bajo el modelo de un DT.

El modelo original de etapas y compuertas para DNP de Cooper, que contemplaba cinco etapas, desde la generación de la idea hasta el lanzamiento del producto al mercado, daba por hecho que existía o que se podía desarrollar fácilmente la tecnología necesaria para el DNP. Como resultado de las críticas que recibió y de las extensas investigaciones que realizó acerca de la aplicación y la efectividad de su modelo, llegó a la conclusión de que la tecnología no necesariamente estaba siempre disponible sino que en muchos casos era necesario desarrollarla previamente. De ahí surgió su modelo de desarrollo tecnológico de tres etapas cuyo resultado, al salir de la compuerta 4, alimenta al proceso de DNP de cinco etapas entrando por la compuerta 2, aunque en ocasiones puede hacerlo por la compuerta 1 o la 3 (Cooper, 2006). Si se

aplican ambos modelos al estudio de caso, el equipo extrusor es un DT de 3 etapas y el alimento densificado es, en todo caso, un DNP de 5 etapas.

Los resultados del caso de estudio concuerdan con la primera proposición. El DT del equipo extrusor ha servido para probar que el concepto del producto, el alimento producido a partir de los residuos agrícolas, es una solución técnica que resuelve una necesidad: alimento para ganado, accesible y de bajo costo. Efectivamente, la idea y el concepto del producto nacen de una necesidad que para ser resuelta requiere de un proceso y un DT que a su vez genera otro nuevo producto. Para la generalización de esta primera proposición, se apela a las investigaciones de Cooper que se reflejan en los modelos para DT y GNP que ha desarrollado. Aún cuando no se planeó gestionar el proyecto de DT con base en el Modelo de Cooper, en el caso de estudio es posible reproducir, con suficiente fidelidad, las etapas actividades y resultados previstos en el modelo y replicar como tales resultados que entran posteriormente al proceso de DNP. Para la generalización, también se apela a las conclusiones de Abernathy y Utterback en el sentido de que los productos que hoy son sujetos de innovaciones incrementales, en el pasado fueron productos innovadores.

Análisis de la segunda proposición teórica

A partir del concepto original del producto, este evoluciona y se transforma por la influencia de la tecnología y el mercado y por una serie de iteraciones entre los procesos de DT y DNP.

Como se apuntó antes, para el proyecto del caso de estudio no fue utilizado modelo alguno para DNP, se utilizó la metodología acostumbrada por CIATEQ para un proyecto de DT y la comúnmente utilizada para gestión de proyectos. Sin embargo, la linealidad de los modelos de Cooper para DNP y DT, facilita el análisis y la comprensión de la evolución del concepto del producto, lo que a su vez permite validar la segunda proposición teórica, como se describe a continuación:

Descubrimiento.- La generación de la idea surge de la necesidad percibida por los investigadores de aprovechar la biomasa y más concretamente los residuos de las cosechas. En el caso de estudio lo más relevante es el contacto inicial entre investigadores de CIATEQ y de la UAQ, en 1997, lo que les permite articular las ideas, entender la magnitud de la oportunidad y la posibilidad técnica de concretarla. En la figura 4.7 se puede ver que con esto se inicia el DNP bajo el modelo de 5 etapas y 5 compuertas de Cooper.

Compuerta 1 del DNP.- Se tamizó la idea considerando la magnitud de la oportunidad, las ventajas del producto, el atractivo del mercado y la factibilidad técnica. Los investigadores comenzaron así a explorar si podían comprometer tiempo y recursos en el proyecto, si el producto sería aceptado y las posibilidades de que pudiera ser desarrollado y producido. La revisión fue positiva y se decidió invertir tiempo de los investigadores y acceder a recursos del Fondo de Tecnologías precompetitivas CONACYT para evaluar el proceso de densificación y los alcances de la iniciativa.

Etapas 1 el DNP: Alcances.- Se abrió en CIATEQ un pequeño proyecto de investigación acerca de la densificación. Se realizaron búsquedas en Internet y en la literatura para conocer las tendencias mundiales en el aprovechamiento de la biomasa, los procesos y equipos utilizados y sus rendimientos. Se realizaron contactos con autoridades agrarias para conocer la posible respuesta de pequeños productores de ganado y estimar el mercado potencial. Se generó así el concepto original del producto, que era muy simple: un alimento de bajo costo cuya materia prima son desechos agrícolas densificados. Los investigadores de CIATEQ invirtieron recursos del fondo en el acondicionamiento de una prensa hidráulica y la fabricación de unos dados para producir cubos densificados de alimento. Después de varios intentos, con diversas asociaciones, el concepto de producto fue probado con los productores de Humilpan. Paralelamente se estaban ya gestionando apoyos ante el SIHGO para poder continuar con el proyecto.

Compuerta 2 del DNP.- El proyecto fue reevaluado a la luz de la información obtenida en la etapa 1. Lo más relevante es que se probó el concepto del producto y se confirmó el interés de los usuarios potenciales, pero el proyecto se debió revisar cuando el Presidente de la Asociación de Ganaderos de Huimilpan, cuya asociación era también la beneficiaria del proyecto, en ese momento ya aprobado por el SIHGO, estableció como condición el que se utilizara un tractor agrícola para producir el alimento en el sitio de la cosecha. Es así como el proyecto originalmente concebido como un DNP demandó de un DT: el desarrollo de equipo montado en el sistema de enganche de tres puntos del tractor y accionado por su toma de fuerza. Así de la compuerta 2 del DNP se pasó a la compuerta 1 del DT, como se ilustra en la figura.

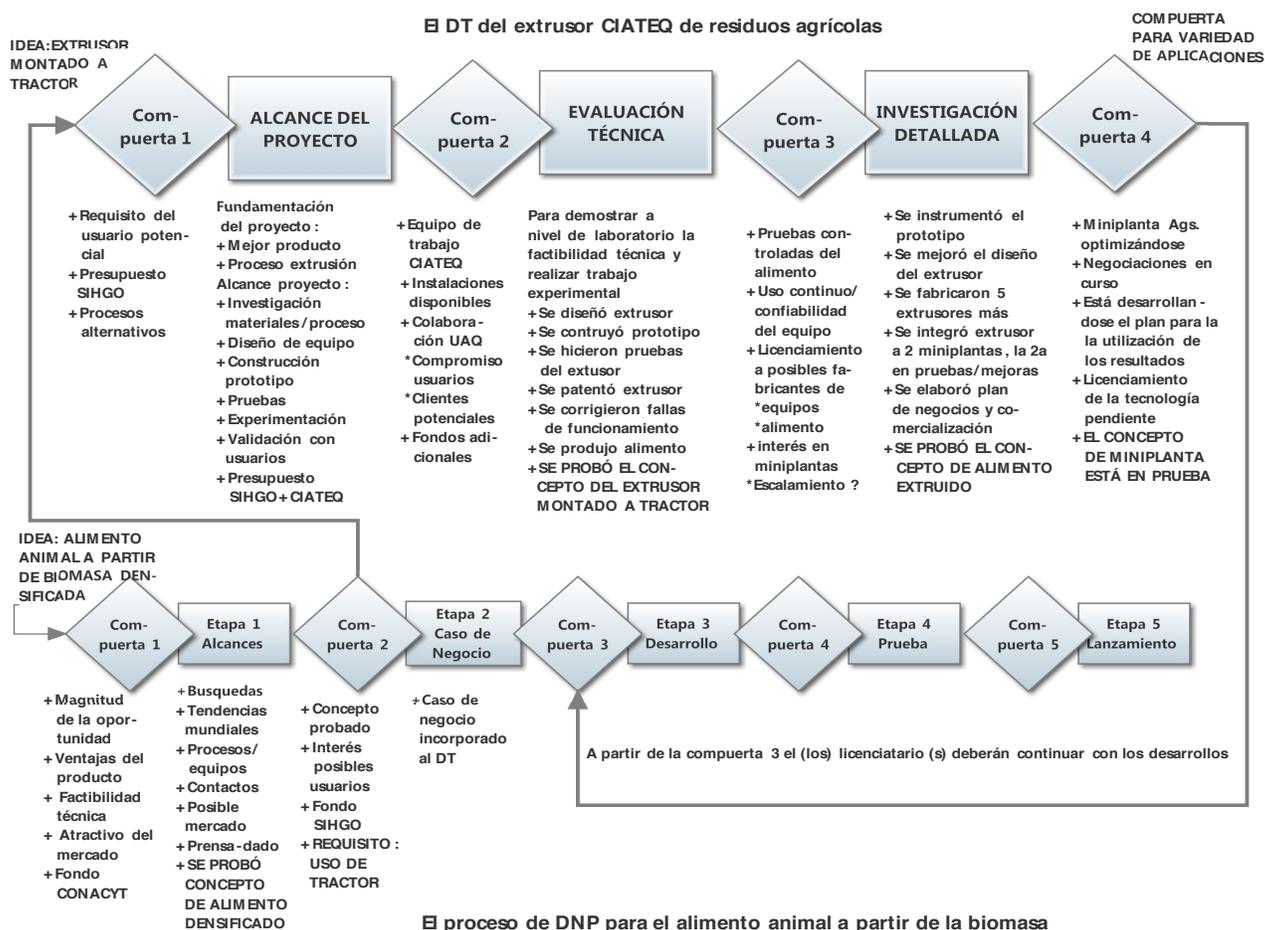


Figura 4.7.- Evolución del concepto de producto en el caso de estudio, derivado de la interrelación entre los procesos de DNP y DT
Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de Copper (2006)

Compuerta 1 del DT.- Los cubos densificados podrían haberse producido utilizando máquinas existentes en el mercado, pero la condición impuesta por el usuario potencial: extrusor montado al tractor obligó a los investigadores a replantear todo el proyecto. Ahora había que encontrar la manera de producir el alimento utilizando un tractor y para investigar como hacerlo ya se contaba con recursos provenientes del SIHGO. Los investigadores estudiaron y compararon los distintos procesos y percibieron los beneficios que aportaría la extrusión, de esta manera se optó por este proceso. El producto sería equivalente, pero con mejores propiedades resultantes del proceso de extrusión.

Definición del alcance del proyecto: El proyecto de desarrollo tecnológico se fundamentó en lograr un mejor producto, a partir de un proceso de extrusión. Los alcances del proyecto incluían una investigación acerca de los materiales a utilizar y el proceso de transformación de dichos materiales. Incluía también el diseño del equipo, diseño que tenía como entrada la condición de montarse a un tractor agrícola. El alcance también incluía la construcción de un prototipo, las pruebas del mismo y la experimentación que se anticipó sería necesaria. El presupuesto para la realización del proyecto sería cubierto por los recursos aprobados del SIGHO, más los recursos propios que CIATEQ aportaría el proyecto, adicionalmente al tiempo los de investigadores y uso de instalaciones, maquinaria y equipo propias de la institución. Bajo estas bases se sometió el proyecto a la aprobación de la Dirección de CIATEQ, siguiendo los procedimientos establecidos para tal propósito.

Compuerta 2 del DT.- El plan propuesto a la Dirección de CIATEQ fue aprobado considerando en el proyecto la incorporación de los investigadores de CIATEQ en el tema y el uso de instalaciones y laboratorios. Se puso como condición continuar la colaboración con los investigadores de la UAQ y fortalecerla. También fue una condicionante en su momento el lograr mantener el interés y compromiso de los usuarios y clientes potenciales, junto con su colaboración.

Evaluación técnica del DT: Los investigadores de CIATEQ ya habían comenzado a estudiar a profundidad el proceso de extrusión de diferentes materiales y particularmente el de materiales ligno-celulósicos. Se había logrado un muy buen nivel de conocimiento y se tenían referencias acerca de procesos y equipos similares con materiales y aplicaciones equivalentes. Todo ese conocimiento fue necesario probarlo experimentalmente. Con la confianza en su amplia experiencia en diseño y DT y disponiendo de todos los recursos y facilidades necesarias, los investigadores de CIATEQ, se avocaron directamente al diseño del extrusor montado a tractor, se construyó el prototipo, se hicieron pruebas, se corrigieron las fallas en el funcionamiento y finalmente se logró producir alimento extruído. Cabe mencionar que también se iniciaron los tramites para patentar el extrusor. Fue así como se probó el concepto del extrusor montado a tractor.

Compuerta 3 del DT.- Ya se tenía el prototipo del extrusor trabajando, incluso se había intentado prematuramente licenciarlo a Molinos Azteca. Ahora era necesario hacer trabajar intensamente el prototipo de extrusor con dos propósitos fundamentales: 1) producir alimento suficiente con diversas dietas, para realizar pruebas controladas en animales y 2) probar la confiabilidad y rendimiento del equipo. Se había manifestado ya un interés de los usuarios potenciales para integrar el equipo a mini-plantas productoras y se estaban contemplando posibilidades de licenciamiento a fabricantes de equipo y alimento. Con el compromiso de trabajar en todos los puntos antes mencionados y con el apoyo de recursos de CONACYT y de CIATEQ, se decidió continuar con el proyecto.

Investigación detallada del DT: Se habían producido con el prototipo cantidades suficientes de alimento para realizar pruebas en animales. Con el apoyo de la Fundación Produce, los investigadores de la UAQ iniciaron pruebas de alimentación con diferentes especies de animales. Los resultados fueron positivos, los animales aceptaban el alimento y ganaban peso, fue así como se probó el concepto del alimento extruído. Con el propósito de entender mejor el funcionamiento del extrusor, se instrumentó el prototipo y de esta manera se obtuvo información relevante

para ajustar las variables del proceso y optimizar el diseño. Sin embargo, seguía el cuestionamiento planteado en el plan de negocios, elaborado por Inncom, acerca de la confiabilidad en la operación y rendimiento del extrusor, era urgente poner a trabajar continuamente varios equipos. Fue así como se construyeron varios extrusores y se ofrecieron a algunos de los productores interesados, con los que se había hecho contacto previamente. La insistencia de los productores en el sentido de incorporar el extrusor a una mini-planta persistía, fue así como se decidió poner en operación dos pequeñas unidades de producción ya que no había otra manera de probar el equipo continuamente. La unidad implementada en CIATEQ sirvió para probar inicialmente el concepto de mini-planta, con el extrusor como corazón del proceso. La unidad instalada en Unión Ganadera Delicias, en Aguascalientes, es mucho más ambiciosa y continúa en pruebas y optimización, tanto del extrusor como del alimento.

Compuerta 4 del DT.- El concepto de la mini-planta está en prueba en Aguascalientes. Se está optimizando su operación en Unión Ganadera Delicias y se están realizando negociaciones para el eventual licenciamiento de la tecnología por parte de CIATEQ. La compuerta 4 del DT es la que alimenta al proceso de DNP y en función del resultado de las negociaciones que se están realizando y de las decisiones que se tomen, dependerá si se entra a la etapa 3 del DNP, para completar su desarrollo, realizar las pruebas de mercado y decidir si se lleva el producto o productos hasta la comercialización. En todo caso, considerando que se han trabajado tres productos diferentes, uno o varios casos de negocio deberían ser revisados, aunque buena parte de la información necesaria para armar el caso de negocio se ha producido en el proyecto de DT. En la figura 4.8 se ilustra el desarrollo del proyecto y como evolucionó el concepto inicial al dar paso, a través de varias iteraciones, a nuevos conceptos de productos, susceptibles de ser probados y comercializados.

**LAS DIVERSAS ITERACIONES INDUCIDAS POR UN DT CREAN
UNA PLATAFORMA COMPLETA DE NUEVOS PRODUCTOS**

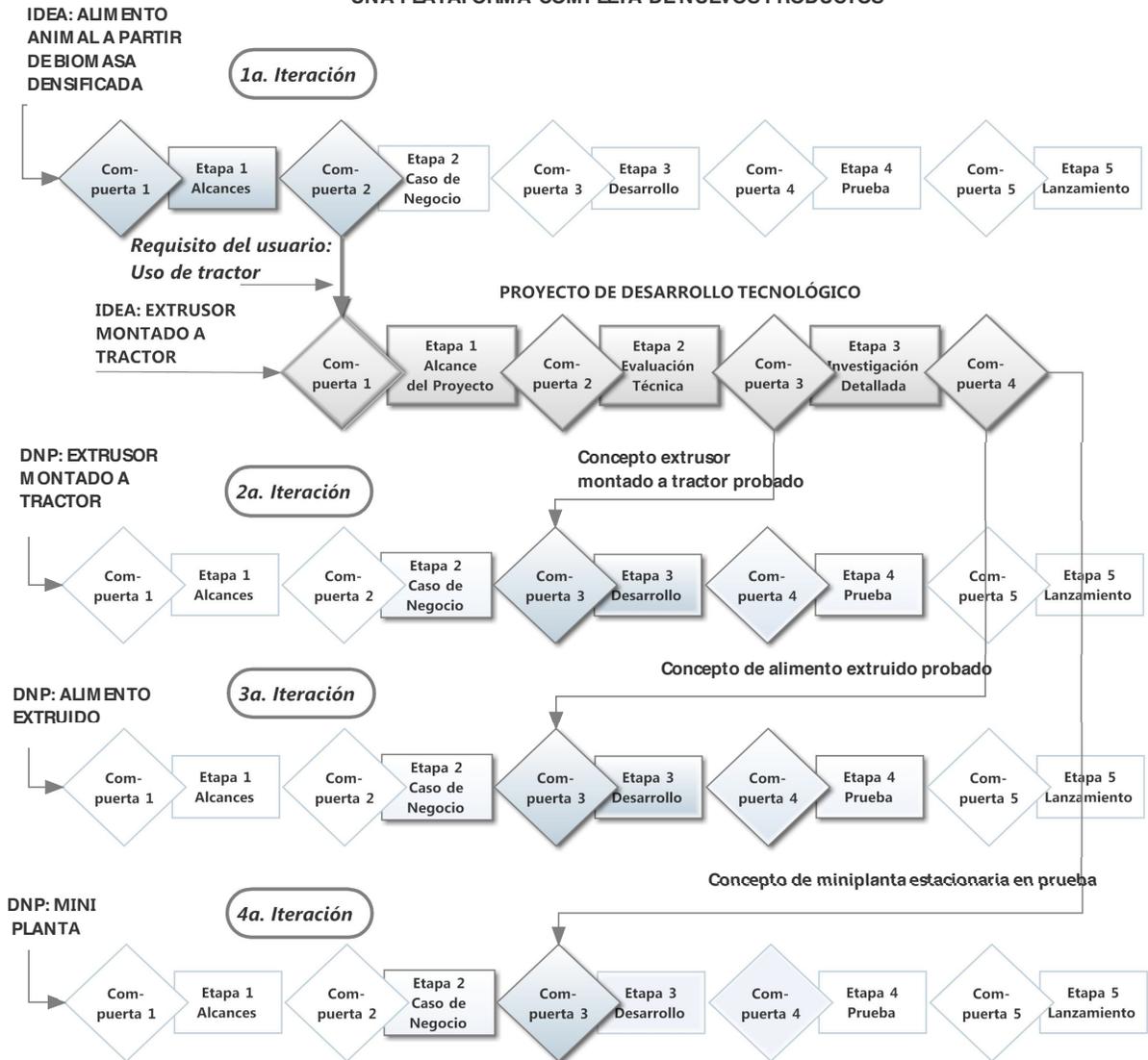


Figura 4.8.- Iteraciones inducidas por el DT del caso
Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de Copper (2006)

Del análisis previo destacan dos aspectos relevantes que son de utilidad para la validación de la segunda proposición teórica. Primero, cuando el concepto original del producto fue sometido a la prueba de los usuarios potenciales, un requisito impuesto por ellos, obligó a entrar a un DT que eventualmente cambiaría no solo el concepto original del producto, sino que además generaría el desarrollo de otros

nuevos productos. Segundo, la secuencia de las etapas y compuertas en los modelos de Cooper para DNP y DT no es necesariamente la que el autor propone. El caso muestra como una idea inicial de DNP genera otra idea que debe ser procesada mediante un DT y los varios resultados derivados de este DT son reincorporados a procesos de DNP, tanto el original, bajo un concepto de producto evolucionado, como los emergentes con diversos conceptos de producto. No son necesariamente los resultados de un DT previo e independiente los que se utilizan para desarrollar un nuevo producto, ambos procesos pueden llegar a ser simultáneamente paralelos, coexistir y retroalimentarse a través de varias iteraciones. En la figura 4.8 se identifican cuatro iteraciones, podría haber más; los actores del caso han discutido acerca del escalamiento de la planta mediante un extrusor a nivel industrial de mucho mayor tamaño y capacidad que el ya desarrollado. Evidentemente el escalamiento conduciría a un nuevo DT ya que la adaptación a motores y transmisiones industriales implicaría el uso de un extrusor que, a partir del mismo concepto, tendría que ser rediseñado y probado. Por lo pronto, en la mini planta trabajan 2 ó 3 extrusores simultáneamente.

Análisis de la tercera proposición teórica

La interacción entre usuarios y desarrolladores y la experimentación generan el conocimiento que conduce a una definición del concepto final del producto, con mayores posibilidades de éxito en el mercado.

Como se ha visto, los modelos que representan el proceso de DNP como una serie de decisiones que necesitan ser tomadas para progresar en el proyecto son, por mucho, los más utilizados actualmente. La linealidad del proceso, concretamente la que caracteriza el modelo de etapas y compuertas, ha sido de gran utilidad para ilustrar, paso a paso, lo que ha sucedido en el caso de estudio, pero este modelo de Cooper, como cualquier enfoque prescriptivo sufre de varias deficiencias; la más seria es que considera el conocimiento como algo dado, como algo que ya existe y simplemente hay que procesarlo. De aquí que Cooper identificó los bucles de retroalimentación para captar la “voz del cliente”, una información más que hay que

procesar, y que una vez procesada permite congelar el concepto del producto desde una etapa temprana, con el propósito de avanzar rápidamente en el proceso, cerrando la posibilidad de considerar nuevas ideas. Por otra parte, Cooper tuvo que aceptar que el alto nivel de incertidumbre que acompaña a los nuevos productos discontinuos hace que el proceso de etapas y compuertas no sea adecuado para tales productos y de ahí surgió su versión complementaria del DT, como un pre-requisito para el DNP. No es de extrañar que su visión de un proceso de DT sea también conceptualizado como una serie de decisiones que necesitan ser tomadas para progresar en el proyecto y así convirtió también el DT en un proceso de etapas y compuertas, evitando, como es común en los observadores occidentales, abordar la cuestión de la creación de conocimiento organizacional y manteniendo la visión del conocimiento como necesariamente “explícito”, algo formal y sistemático que puede ser expresado en palabras y números y fácilmente comunicado y compartido en la forma de datos duros, fórmulas científicas o procedimientos.

El caso de estudio muestra que la realidad es otra, el conocimiento fue creado a medida que se avanzaba..... y se retrocedía, en el proyecto de DT. El nuevo conocimiento no ha sido resultado de simplemente de aprender unos de otros o adquirir este conocimiento del exterior. El conocimiento ha sido construido en sí mismo desde el inicio del proyecto mediante laboriosas e intensivas interacciones entre los actores del caso. Para demostrarlo, es de utilidad la explicación de la espiral del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995), base del modelo de redes para el DNP. La teoría en que se basa el modelo, aunque ha sido cuestionada por varios autores (Tsoukas, 2003, Gourlay, 2006) se reduce a la *conversión de conocimiento tácito a conocimiento explícito*. El supuesto de que el conocimiento es creado a través de la interacción entre el conocimiento tácito y el conocimiento explícito es de utilidad para revisar el caso mediante los cuatro diferentes modos de conversión del conocimiento: 1) del conocimiento tácito al conocimiento tácito, llamado socialización, 2) del conocimiento tácito al conocimiento explícito, o externalización, 3) del conocimiento explícito al conocimiento explícito, o combinación, 4) del conocimiento explícito al conocimiento tácito, o internalización. En particular es muy útil para la

revisión la externalización porque es típicamente vista como el proceso de creación de conceptos y disparada por el diálogo o por la reflexión colectiva.

El papel de CIATEQ, como organización dentro del proceso de creación del conocimiento, fue proporcionar el contexto apropiado que facilitó las actividades de los investigadores así como el propiciar la creación y acumulación de conocimiento a nivel individual. Recapitulando sobre las cinco condiciones que a nivel organizacional se necesitan para promover la espiral del conocimiento, a saber: 1) intención, 2) autonomía, 3) fluctuación/caos creativo, 4) redundancia y 5) variedad de requisitos, en el caso se percibió lo siguiente:

Intención.- La intención de CIATEQ hacia el DT objeto de estudio estuvo en línea con su misión institucional (CIATEQ, 2008), como centro público de investigación, de promover la creación de valor mediante el diseño y desarrollo de productos, procesos y sistemas y formación de recursos humanos. La capacidad organizacional demostrada para adquirir, crear, acumular y explotar el conocimiento está en la esencia de su estrategia.

Autonomía.- Los investigadores de CIATEQ y los investigadores de la UAQ actuaron siempre con total autonomía. Así los investigadores estuvieron siempre motivados por el propio proyecto para crear conocimiento nuevo y útil para el propio proyecto. Las ideas originales emanaron siempre de los investigadores autónomos, se difundieron dentro del grupo y pasaron después a ser las ideas institucionales. Si alguna limitante existió para dar curso a las iniciativas e ideas sobre el proyecto, fue circunstancial en la medida que se lograba captar recursos para financiar el proyecto.

Fluctuación y caos creativo.- La fluctuación y el caos creativo estimulan la interacción entre la organización y su entorno externo. Cuando la fluctuación se introduce en una organización sus miembros enfrentan un rompimiento de rutinas, hábitos y patrones cognitivos. La principal fluctuación que los investigadores de CIATEQ enfrentaron, se dio precisamente en la introducción de nuevos conceptos y

aplicaciones del DT por parte de los usuarios potenciales. Los investigadores adoptaron una actitud abierta hacia estas manifestaciones, y lograron explotar la ambigüedad de las señales, la redundancia o el ruido, para mejorar su propio conocimiento de CIATEQ como organización de soporte al proyecto.

Redundancia.- Aquí el término redundancia significa la existencia de información que va más allá de los requerimientos operacionales inmediatos de los miembros de la organización. El concepto creado por el Dr. Muñoz y el grupo de investigación fue compartido por otros individuos en diversas áreas de CIATEQ que no necesitaban el concepto inmediatamente. Al compartir información redundante los responsables de otras áreas de CIATEQ, como Construcción Mecánica, pudieron percibir lo que los investigadores estaban tratando de articular. La redundancia fue especialmente importante en la fase de desarrollo del concepto cuando era crítico articular imágenes enraizadas en el conocimiento tácito.

Variedad de requisitos.- La diversidad interna, característica de CIATEQ, le permite adaptarse a la variedad y complejidad del entorno para enfrentar los retos que este último presenta. Los miembros de CIATEQ, insertos en su peculiar organización, pueden resolver muchas contingencias porque poseen variedad de requisitos que pueden ser ampliados combinando información en forma diferente, flexible y rápidamente y proveyendo igual acceso a la información.

A partir de los cuatro modos de conversión de conocimiento y habiendo revisado el contexto de las cinco condiciones que promueven la creación del conocimiento organizacional, se analizó el caso utilizando para ello el modelo de cinco fases para el proceso de creación de conocimiento organizacional propuesto por Nonaka y Takeuchi (1995). El modelo, que bien puede ser interpretado como un proceso de desarrollo de nuevos productos consiste de cinco fases: 1) compartiendo el conocimiento tácito, 2) creando conceptos, 3) justificando los conceptos, 4) construyendo un arquetipo y 5) nivelando transversalmente el conocimiento.

El proceso de creación organizacional del conocimiento empezó con compartir el conocimiento tácito, lo que implica socialización. En esta fase, la principal sociabilización se dio entre el Dr. Muñoz de CIATEQ y el Dr. Juan de Dios Garza del INIFAP ya que compartían una visión común: el aprovechamiento de residuos agrícolas y agroindustriales. A partir de esta visión común empezaron a socializar y compartir el conocimiento que tenían sobre el tema en sus respectivas disciplinas. El conocimiento tácito acerca de los forrajes toscos no podía ser comunicado o pasado a otros fácilmente puesto que fue adquirido principalmente a través de la experiencia y no podía ser fácilmente expresado en palabras. Se compartió así el conocimiento tácito entre ambos individuos con diferentes antecedentes, perspectivas y motivaciones. El conocimiento de cada uno de ellos y las expectativas generadas fueron externalizadas en características del producto que especificaban que el alimento debía ser forraje densificado que no dañara al animal. Así fue creado un concepto de producto después de compartir el conocimiento tácito. Este concepto de producto fue entonces justificado frente a la intención organizacional, en este caso, el aprovechamiento de la biomasa. Una vez justificado el concepto se construyó el prototipo combinando el conocimiento explícito. En otras palabras, los cubos de biomasa densificados fueron producidos combinando la tecnología existente: prensa y dado. Todo esto se muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9.- Primer ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado
Fuente: Elaboración propia a partir de Nonaka y Takeuchi (1995).

El segundo ciclo comenzó cuando los investigadores de CIATEQ compartieron su conocimiento tácito acerca del alimento densificado con los usuarios

potenciales. Estos a través de su representante, Don Rodolfo Monroy, compartieron a su vez el conocimiento tácito acerca de la manera en que podrían aprovechar el proceso de densificación utilizando un tractor, de esta sociabilización, surgió la externalización en forma de un concepto de equipo operado mediante un tractor. El concepto fue justificado al estudiarse el proceso de densificación que debería utilizarse al diseñar el equipo que se montaría al tractor. Se decidió utilizar el proceso de extrusión por las características mejoradas del producto que tal proceso aportaba, así el conocimiento fue externalizado al justificarse el concepto del extrusor montado al tractor. La combinación tuvo lugar cuando se construyó el prototipo con base al conocimiento explícito de los investigadores y la organización sobre el proceso de extrusión, diseño mecánico y manufactura.



Figura 4.10. Segundo ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado
Fuente: Elaboración propia a partir de Nonaka y Takeuchi (1995).

Habiéndose demostrado la capacidad del extrusor para producir exitosamente surgió la sociabilización entre investigadores de la UAQ y usuarios potenciales para compartir el conocimiento tácito acerca de las bondades del alimento extruido. A partir de las primeras pruebas realizadas surgió la necesidad de incorporar a los residuos una ración integral que aportara los nutrientes faltantes. Así se dio la externalización y fue justificado el concepto de alimento extruido. Del conocimiento explícito creado en las pruebas con diferentes especies surgió la combinación y dietas para esas diversas especies.

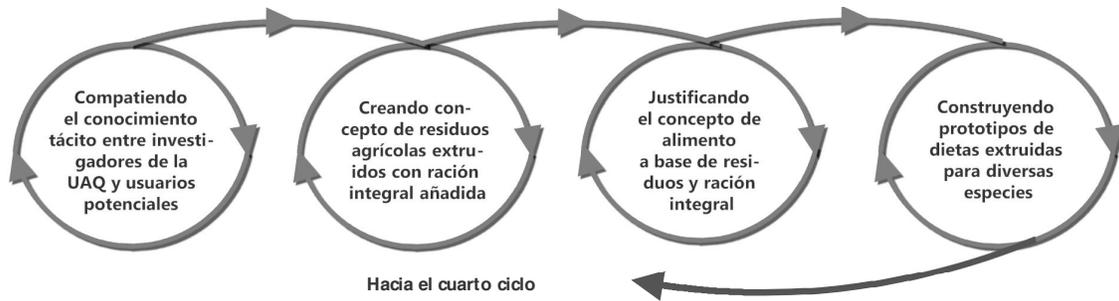


Figura 4.11.- Tercer ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado
Fuente: Elaboración propia a partir de Nonaka y Takeuchi (1995).

Aunque el conocimiento tácito de la extrusión se había ya capturado en el prototipo al probarse su capacidad y los beneficios del proceso, los usuarios potenciales cambiaron, ahora eran los criadores de ganado y fabricantes de equipos quienes, con un conocimiento y visión de negocios diferente a la de los potenciales usuarios originales, percibieron las limitaciones del equipo montado al tractor. Así el conocimiento fue externalizado al proponer integrar el extrusor a una mini-planta, justificando el concepto por la necesidad de incrementar producción y calidad, reduciendo los costos. Mediante la integración del extrusor a una mini-planta se está combinando el conocimiento explícito de la operación para optimizarla.

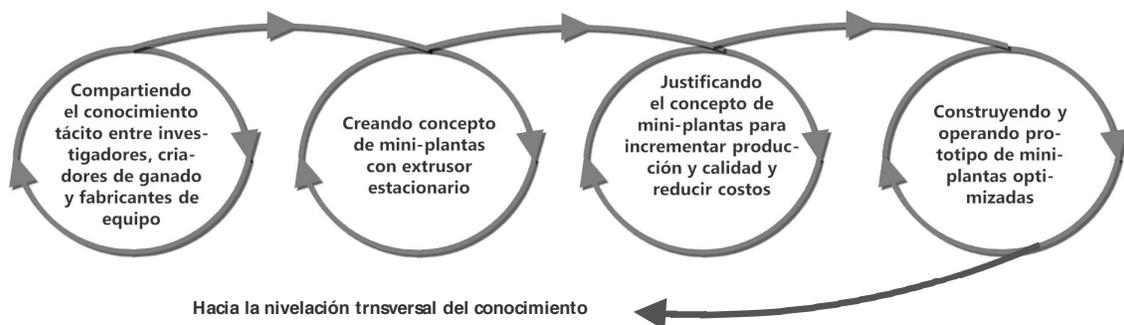


Figura 4.12.- Cuarto ciclo de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado
Fuente: Elaboración propia a partir de Nonaka y Takeuchi (1995).

En la figura 4.13, se muestran conjuntamente los cuatro ciclos de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado. Se ilustran claramente la fases en las se

comparte el conocimiento tácito, se crean conceptos, se justifican dichos conceptos y se construyen arquetipos. Estas fases se repiten en cada uno de los ciclos o iteraciones mostrando como en el caso de investigación el concepto original desaparece en la medida que surgen conceptos emergentes como resultado de la creación del conocimiento y conversión del mismo pasando por los cuatro modos: socialización, externalización, combinación e internalización.

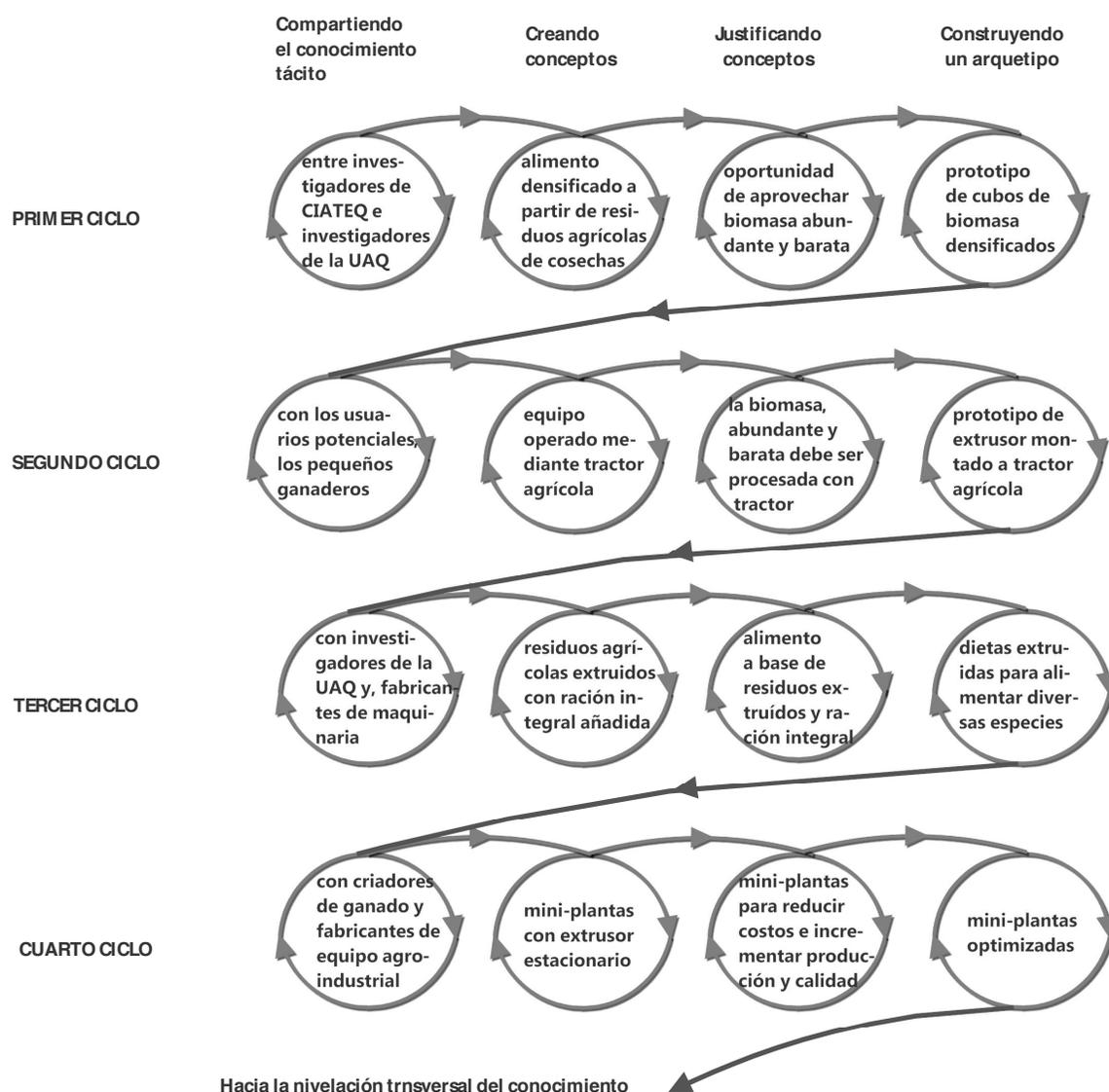


Figura 4.13.- Los cuatro ciclos de la espiral del extrusor CIATEQ de alimento para ganado Fuente: Elaboración propia a partir de Nonaka y Takeuchi (1995).

Del análisis previo es posible validar la tercera proposición teórica. Se ha mostrado que la intensa interacción, que los propios actores del caso propiciaron, les permitió compartir el conocimiento tácito mediante la socialización. La experimentación y el aprendizaje hicieron posible externalizar y explicitar ese conocimiento tácito que al combinarse mediante el conocimiento de la tecnología y del mercado permitió que el concepto evolucionara desde un cubo densificado hasta una mini-planta para producir alimento extruído con características mejoradas, y previsiblemente, con amplias posibilidades de éxito en el mercado.

Integración de las proposiciones teóricas

(Hacia un esquema de innovación basado en el aprendizaje)

Las proposiciones teóricas de estudio permitieron analizar ordenadamente las evidencias del caso. Una vez validadas una a una con la ayuda de los modelos de etapas y compuertas y de la espiral del conocimiento, es posible retomarlas de manera sintética e integrarlas para reflejar una proposición conjunta, de la siguiente manera:

Los usuarios perciben una necesidad que comunican a los desarrolladores y estos identifican la tecnología mediante la cuál se puede satisfacer tal necesidad; de esta interacción entre usuarios y desarrolladores surge el concepto del producto. A partir del concepto del producto se inicia un proyecto de DNP en el que, después de varias iteraciones, se aprueba el concepto y se inicia el desarrollo. Si la innovación es de carácter discontinuo, es requisito un DT previo mediante el cuál desarrolladores y usuarios generen conjuntamente el conocimiento que hace falta, a través de la experimentación.

Todo esto se puede plasmar en un diagrama de relaciones causales, como se ilustra en la figura 4.14.

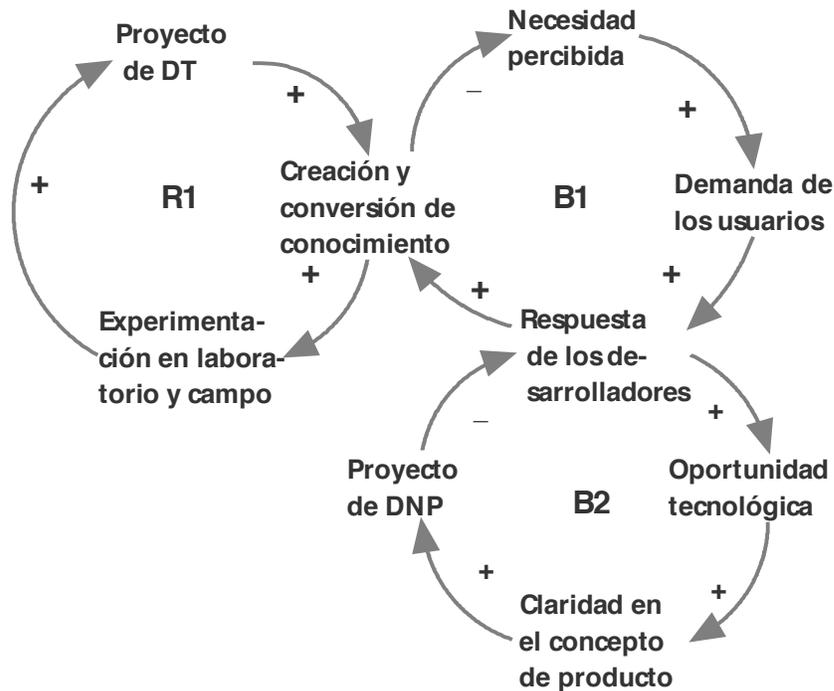


Figura 4.14.- Relaciones causales en los proyectos de DNP y DT
Fuente: Elaboración propia a partir del arquetipo sistémico de crecimiento y subinversión (Senge, 1990)

Lo esencial en el diagrama son los tres ciclos interconectados: 1) un proyecto de DT es visto como un ciclo de retro-alimentación que genera conocimiento, 2) la creación y transformación del conocimiento se da por las interacciones de desarrolladores y usuarios y 3) el concepto de producto se clarifica después de varias iteraciones. Los dos últimos ciclos son de balance. Lo anterior, podría resumirse a modo de teoría de la siguiente manera:

De la interacción entre usuarios y desarrolladores surge un concepto del producto con el que se inicia un proyecto de DNP y después de varias iteraciones se aprueba el concepto y se continúa con el desarrollo. Si la innovación es de carácter discontinuo, es requisito un

DT previo o simultáneo mediante el cuál desarrolladores y usuarios generan conjuntamente el conocimiento que hace falta, a través de la experimentación.

Respondiendo a las preguntas de investigación

Respuesta a la pregunta central de investigación

La primera y más importante condición para diferenciar entre las varias estrategias de investigación es identificar el tipo de preguntas de investigación que deben realizarse. En términos generales las preguntas “que”, bien pueden ser exploratorias, en cuyo caso cualquier estrategia puede ser utilizada, o respecto a predominio, en cuyo caso las encuestas o análisis de registros en archivos pueden ser favorables. Preguntas de “cómo” y “porqué” son las que más favorecen el estudio de caso, los experimentos o las historias. La clave consiste en entender que las preguntas de investigación tienen tanto sustancia, ¿de que trata el estudio?, como forma, ¿se pregunta “quien”, “que”, “donde”, “porqué” o “como”? La investigación de tesis implicaba originalmente entender el fenómeno de DNP como un proceso y había un interés particular en las etapas en las que se define y prueba el concepto del producto. Al profundizar en la investigación, se hizo evidente que la referencia al DNP es muy genérica, pero realmente limitada en la práctica, ya el proceso típico es estrictamente aplicable solo a un tipo de nuevos productos, los resultantes de innovaciones incrementales. Para innovaciones disruptivas o radicales no alcanza el proceso típico de DNP por que, como se ha visto, el proceso aplicable al desarrollo de productos discontinuos requiere de un DT previo. El caso de estudio no se ubica dentro de una empresa que desarrolla regularmente productos para mercados específicos, sino que ocurre al interior de un centro de desarrollo tecnológico, por lo que obligadamente el caso trata de una innovación discontinua ya que al no haber antecedentes el producto se clasificaría como “nuevo para empresa”. De aquí se concluye que en realidad de lo trata el caso es del análisis simultáneo de ambos procesos: el DNP de un alimento para animales, a través del DT de un extrusor, no

anticipado en cuanto a sus alcances. Las circunstancias particulares existentes en un centro de desarrollo tecnológico permitieron desarrollar la tecnología que no estaba disponible y este hecho desencadenó el desarrollo de una plataforma de productos.

Estas reflexiones y el análisis de las proposiciones de estudio del apartado anterior, proporcionan los elementos necesarios para dar respuesta a la pregunta central de investigación: **¿cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto?** Los dos modelos que se han utilizados para analizar el proceso de DNP, primero el modelo de decisión por etapas y segundo el modelo de redes, y más específicamente los modelos de etapas y compuertas y la espiral del conocimiento, ofrecen dos enfoques diferentes acerca de cómo ocurre tal proceso. El modelo de etapas y compuertas, en sus dos versiones la original de cinco etapas, para innovaciones incrementales de productos y la de tres etapas, para innovaciones disruptivas, vistos conjuntamente muestran con claridad la manera como confluyen los procesos, el DT alimentando al DNP. Por otro lado, el modelo de redes analizado, específicamente la espiral del conocimiento, no distingue entre un DNP y un DT, pero en su esencia está la creación de conocimiento, que es una característica propia de un DT, de ahí que podría argumentarse que los modelos de redes son de mayor utilidad para el desarrollo de productos discontinuos.

El modelo de etapas y compuertas ofrece una respuesta simple a la pregunta de investigación: el concepto de producto se define en una etapa temprana del DNP con el respaldo de un DT previo que hace posible disponer de tecnologías probadas y de las competencias necesarias para su desarrollo. Esta es una condición necesaria para aventurarse a definir un concepto de producto que bajo este modelo estará sujeto a un proceso extremadamente rígido, que difícilmente admite modificaciones, sirve o no sirve. Bajo esta perspectiva, lo que ocurrió en el caso estudiado es una irregularidad, ya que habiéndose “inventado” el alimento a partir de biomasa densificada, el invento se convirtió sin más en un concepto de producto, un producto que proporcionaría un beneficio medular. Pero la condición impuesta por los usuarios potenciales de utilizar un tractor para el proceso de densificación, obligó a los

investigadores a entrar a un proceso de DT, porque en el mercado no estaban disponibles los equipos necesarios para satisfacer el nuevo requerimiento y debían desarrollarse a partir de sus propias competencias, aceptando la incertidumbre implícita en el DT y sus consecuencias. Esto provocó la evolución y refinamiento del concepto del producto, un producto formal. Desde un enfoque mercadotécnico, el caso bien podría bien verse como un ejemplo más de la evolución normal en el DNP, en el que la participación muy temprana de los usuarios potenciales hizo posible definir con claridad el concepto del producto medular y orientar el desarrollo del producto formal, lo que llevará posteriormente a un producto aumentado (Kotler, 1985). El proceso anteriormente descrito se esquematiza en la figura 4.15. A partir de la idea, el DT hizo posible desarrollar y probar el producto, y crear paralelamente una plataforma de productos.

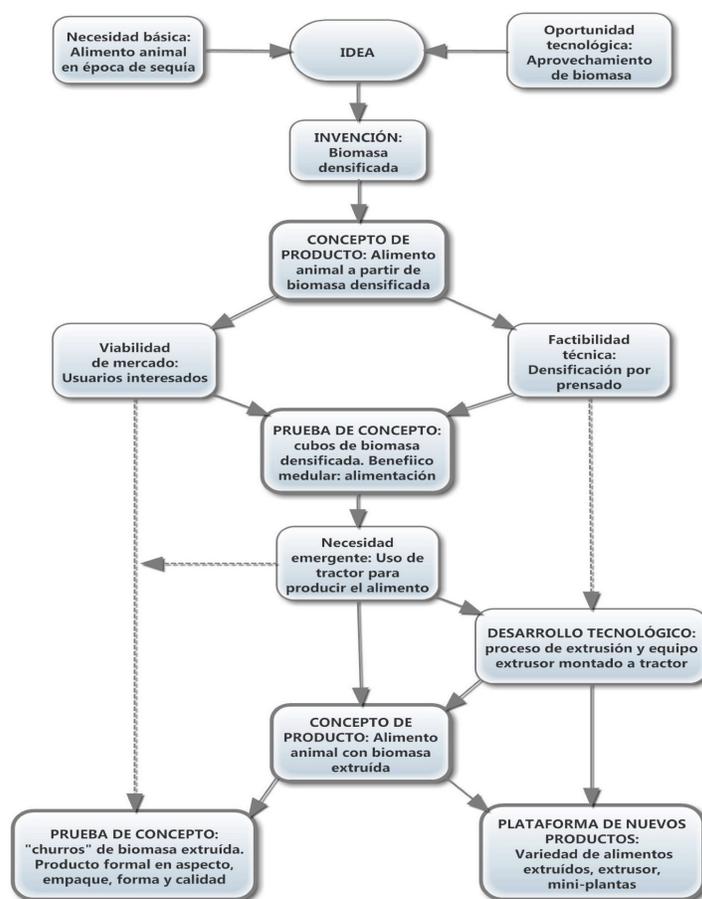


Figura 4.15.- Representación lineal del concepto y prueba del producto, en el caso.
Fuente: Elaboración propia

Bajo el modelo de redes el caso se contempla bajo una perspectiva diferente. Se percibió una oportunidad: abundancia de biomasa, asociada a una necesidad: alimento para ganado en épocas de sequía. Se concibió la idea de un producto que valía la pena explorar, así “se inventó” el alimento densificado; había que trabajar ahora en el invento para convertirlo en un producto innovador. Los investigadores, motivados por la búsqueda de conocimiento nuevo, iniciaron un proyecto de DT que tenía como objetivo un producto capaz de dar respuesta a la necesidad identificada. Había que profundizar en el entendimiento de las prácticas de los productores de ganado; en el conocimiento de los materiales, sus propiedades nutricionales, sus propiedades físicas y mecánicas; era necesario conocer los equipos existentes y dominar los procesos de densificación, en suma, había que experimentar y aprender. A partir de la necesidad de generar y convertir el conocimiento, la propia dinámica del proyecto de DT fue creando los conceptos de alimento, de procesos, de equipo y de planta. Es decir, se creó una plataforma desde la que fue posible convertir las ideas en una gama de diferentes productos, incluyendo el producto que originó el DT. Se ilustra en la figura 4.16, la perspectiva del caso bajo el modelo de redes.

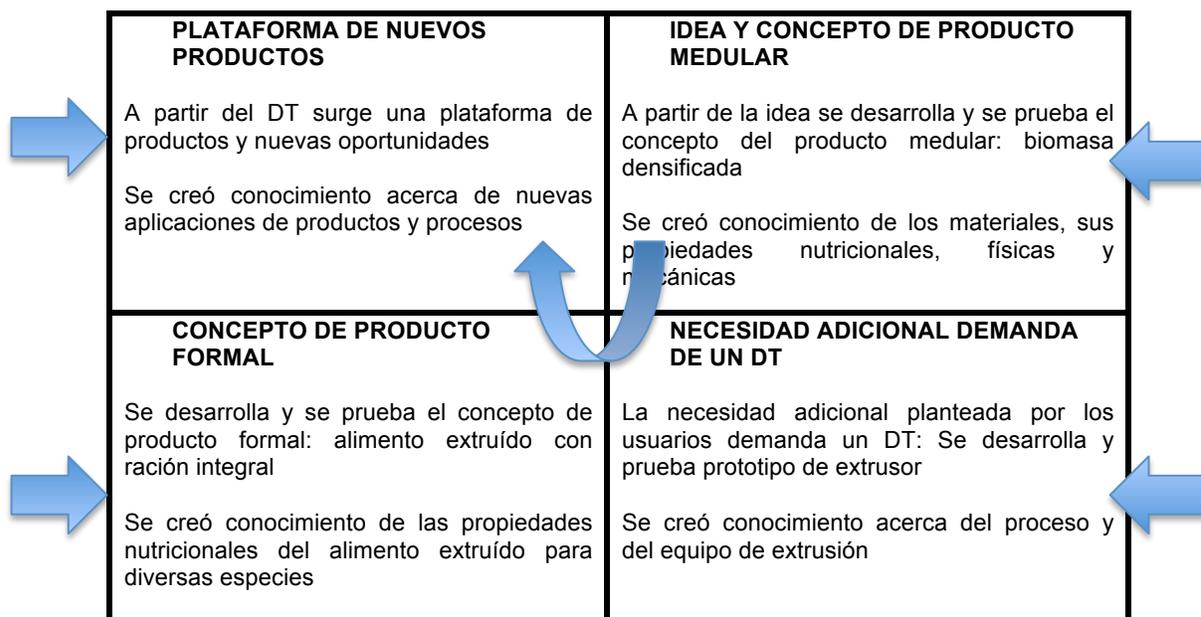


Figura 4.16.- Concepto y prueba del producto, en el caso. Representación de redes
Fuente: Elaboración propia

El caso de estudio muestra la influencia de los usuarios cuando pueden manifestar lo que quieren, cuando tienen suficientes antecedentes. Sin embargo, los usuarios solo pueden proporcionar retroalimentación sobre modificaciones incrementales, sobre lo que ya conocen. Las iteraciones se dan cuando los usuarios evalúan un prototipo y un nuevo ciclo comienza. Si la tecnología no está disponible para cubrir sus expectativas, el nuevo ciclo implica un DT que alarga la duración del proceso y abre nuevas oportunidades. Así el caso proporciona los elementos necesarios para argumentar que el proceso que conduce al concepto del producto es un proceso iterativo. La cantidad de iteraciones depende de la medida en que se cubren las expectativas del usuario y de la tecnología disponible para crear prototipos que el usuario pueda evaluar, con relación a tales expectativas.

Respuesta a la primera pregunta derivada de la central: ¿Por qué es diferente la prueba del concepto en la innovación discontinua de productos?

A diferencia de la innovación continua de productos, que parte de una base bien conocida y tiene objetivos claramente definidos y medibles, la innovación discontinua de productos es un proceso de búsqueda y experimentación, ocurre de una manera no lineal e iterativa, no se pueden anticipar sus resultados, por lo mismo requiere de gran flexibilidad y el concurso de disciplinas muy variadas. La prueba del concepto en un proceso de innovación continua, bajo un modelo de decisión por etapas, ocurre en una etapa predefinida y se tiene que decidir ahí mismo, no existen mecanismos que permitan empezar de nuevo o reconsiderar, se avanza en el proyecto o simplemente se aborta.

Respuesta a la segunda pregunta derivada de la central: Como influye la creación y conversión de conocimiento nuevo en la innovación discontinua de productos?

El marco de referencia en el proceso de innovación discontinua de productos es la incertidumbre, de ahí que los proyectos de DT deben ser gestionados de manera diferente a los de DNP. La incertidumbre está presente en la experimentación que genera el conocimiento, este conocimiento proviene tanto de las fallas como de los éxitos, un experimento que falla no es un experimento fallido (Thomke, S., 2003). La experimentación realizada en el caso de estudio a permitido disipar la incertidumbre técnica que proviene de la exploración con materiales que han sido escasamente utilizados y la incertidumbre de producción se disipa al demostrar que la solución que ha funcionado bien en el prototipo es posible replicada a costos competitivos. El conocimiento resultante de la experimentación y la interacción entre investigadores de CIATEQ y la UAQ y usuarios potenciales ha sido convertido ha través de la socialización, internalización, externalización y combinación, según se ha mostrado con detalle en los diversos ciclos de la espiral del conocimiento. Un producto discontinuo difícilmente puede surgir de un proceso carente de conocimiento nuevo.

Respuesta a la tercera pregunta derivada de la pregunta central de investigación: ¿De que manera participan los usuarios líderes en la definición y prueba del concepto?

El DNP es complicado porque la información básica que se necesita, lo que el usuario quiere, reside en los usuarios y la información acerca de la solución, como satisfacer esas necesidades, está en el desarrollador. Juntos deben desarrollar un concepto de producto que al principio no es sino un pensamiento expresado en palabras acerca de algo que se pretende concretar. En este sentido, la finalidad primordial y fundamental del concepto de producto, es posibilitar la comunicación entre usuario y desarrollador. Tradicionalmente el desarrollador debe coleccionar la información de lo que el usuario necesita, a través de varios medios incluyendo investigaciones de mercado e información recolectada en el campo. El proceso es usualmente costoso y tardado porque las necesidades del consumidor son frecuentemente complejas, sutiles y rápidamente cambiantes. Con frecuencia, los usuarios no entienden completamente sus necesidades hasta que prueban prototipos

y exploran como trabajan. El prototipo, que captura la esencia del concepto, se convierte así en el canal de comunicación entre usuarios y desarrolladores. En otras palabras, los usuarios aprenden acerca de sus propias necesidades a través de información experimental mientras usan nuevos productos o servicios. No es sorprendente que el desarrollo del concepto de productos es tradicionalmente un ir y venir entre desarrolladores y usuarios. Primero, el desarrollador construye un prototipo basado en información incompleta del cliente que es sólo parcialmente correcta, el cliente entonces prueba el producto, encuentra fallas y solicita correcciones. Este sitio de aprendizaje por experimentación se repite hasta que las soluciones satisfactorias son alcanzadas, frecuentemente requiriendo costosas y tardadas iteraciones.

En el caso de estudio, la primera iteración se da cuando los usuarios potenciales ven, palpan y huelen los cubos densificados y luego los ofrecen a los animales y estos los aceptan. Estos cubos densificados permitieron a usuarios y desarrolladores coincidir en el concepto inicial del producto, pero una necesidad emergente, el uso del tractor, condujo a un DT que eventualmente produciría un concepto de producto mucho más elaborado. Después de mucho tiempo e inversión de recursos, el usuario potencial original, la Asociación de Ganaderos de Huimilpan, en una segunda iteración, aprobó el producto. Pero el DT produjo otros conceptos de proceso y de equipo y el extrusor se convirtió en el centro de un laboratorio en el que los usuarios líderes, la UAQ, los criadores de ganado y la Unión Ganadera Delicias experimentaron nuevas dietas y nuevas aplicaciones del equipo. El laboratorio, que prácticamente se creó por el DT, es equivalente a una “caja de herramientas” para la experimentación, con la que se abandonan los esfuerzos para entender exactamente qué productos quieren los consumidores. En lugar de persistir en tales esfuerzos, se proporcionan a los usuarios las herramientas para diseñar y desarrollar sus propios productos, independientemente de que se trate de modificaciones menores o innovaciones mayores. La experiencia muestra que en este ciclo los usuarios líderes, los innovadores, juegan un papel importante al hacer exitoso el proceso de innovación, esto significa usar la creatividad de los usuarios (Thomke, 2003).

Prueba de calidad de la investigación

Debido a que el diseño de una investigación cualitativa representa un conjunto lógico de declaraciones, es posible juzgar la calidad de cualquier diseño dado de acuerdo a ciertas pruebas lógicas. Ya sea que se estén realizando estudios de caso o cualquier otro medio de investigación en ciencias sociales, cuatro pruebas son relevantes:

- Validez del constructo: estableciendo mediciones operativas correctas para los conceptos estudiados.
- Validación interna: estableciendo relaciones causales mediante las cuáles ciertas condiciones se muestra que conducen a otras condiciones, a diferencia de las relaciones espurias.
- Validación externa: estableciendo el dominio en el cual los hallazgos del estudio pueden generalizarse.
- Confiabilidad: demostrando que las operaciones de un estudio, tales como los procedimientos para recolección de los datos pueden ser repetidos, con los mismos resultados.

La validez del constructo

La validez del constructo es la primera prueba de la calidad de la investigación en un estudio de caso. La prueba requiere garantizar que existan un conjunto de medidas operativas y el evitar que se utilicen juicios subjetivos en la recolección de los datos. En la materia del caso, hubo la preocupación de entender el proceso de DNP y sus implicaciones, una de las más importantes es la que da sentido y dirección al desarrollo: el concepto del producto. El estudio del fenómeno requirió tener una clara definición y especificación del concepto del producto, así como revisar la manera en que se define y como se prueba. Para lograr la validez del constructo, en la

investigación de tesis se utilizaron múltiples fuentes de evidencia que hicieron posible entender que el concepto del producto es algo que cambia de acuerdo a la percepción que tienen los usuarios de su necesidad y los medios que la tecnología aporta para satisfacerla, estos cambios en el concepto requirieron de varias iteraciones. Fue también necesario distinguir entre la aplicación de un DNP y un DT en función del grado de innovación que demanda cada tipo de producto y certificar la formalización del DT y sus resultados a través de reportes e informes. Particular atención se dio a la necesidad de probar que los actores del caso tuvieron que interactuar para convertir el conocimiento que fueron generando a medida que el desarrollo avanzaba y se aplicaba tal conocimiento. La mejor evidencia son las entrevistas donde los actores coincidieron en la descripción de los eventos relevantes para el DT.

Validación interna

La validación interna es de interés únicamente para estudios causales o explicativos donde se trata de determinar si el evento x es causa del evento y. Al seleccionar la estrategia para la investigación de tesis se optó por seguir las proposiciones teóricas en vez de seguir una estrategia basada en el desarrollo de un marco descriptivo. Las tácticas utilizadas consistieron primero en un análisis cronológico del caso, para posteriormente encontrar explicaciones a partir del análisis, una a una, de las tres proposiciones planteadas y explicar el caso completo en un diagrama de relaciones causales, a partir de un arquetipo sistémico.

Validación externa

La tercera prueba se relaciona con el problema de saber si los hallazgos del estudio pueden generalizarse más allá del estudio de caso realizado. El problema de la validez externa ha sido la mayor barrera al realizar estudios de caso. Los críticos típicamente establecen que un solo caso ofrece una base muy pobre para la generalización. Sin embargo, tales críticos están implícitamente contrastando la situación con una encuesta de investigación donde una muestra fácilmente se

generaliza a un universo más grande. Esta analogía de muestras y universos es incorrecta cuando se trata estudios de caso. Esto es porque las encuestas de investigación se soportan en la generalización estadística, mientras que los estudios de caso, como los experimentos, se sustentan en generalización analítica. En la generalización analítica se busca generalizar un particular conjunto de resultados a una teoría más amplia.

Para saber si los hallazgos del estudio pueden generalizarse en una teoría más allá del estudio de caso realizado es necesario considerar que el caso es muy peculiar en el sentido de que coexisten un proyecto de DNP y un proyecto de DT, situación que no es muy común en las empresas, que están fuertemente influenciadas por los modelos de decisión por etapas y tanto los DNP como los DT se gestionan así, por etapas y compuertas y con proyectos separados. Por otra parte, el proyecto del caso se gestionó de manera muy similar a la del modelo de redes y muestra que a partir de una condición impuesta sobre la definición preliminar del concepto del producto, se convirtió el proyecto en uno cuya principal atención y dificultad fueron el proceso productivo y el equipo y hasta que ambos se desarrollaron y probaron, con base en la experimentación y el aprendizaje, se resolvió el concepto final del producto. Desde una perspectiva tecnológica lo más relevante del caso, por que dio origen a los productos, fue el proceso productivo. De ahí que cabría preguntarse: ¿bajo que circunstancias el proceso productivo define el concepto de producto que es finalmente desarrollado y lanzado al mercado? Tratando de encontrar la respuesta, se plantean dos escenarios: En el primer escenario, la respuesta válida tendría que ver con que las características, especificaciones y desempeño exigidas en el concepto del producto no pueden ser satisfechas por los procesos productivos disponibles y esto obliga a “degradar” el concepto original del producto o abortar el proyecto. En el segundo escenario, la respuesta válida iría en sentido opuesto, es decir, la carencia de un proceso productivo capaz de responder a las características, especificaciones y desempeño exigidas en el concepto del producto obliga a experimentar, aprender y finalmente desarrollar un proceso que satisface, o que incluso puede exceder, los requerimientos del concepto original del producto. El primer escenario es más

probable que ocurra bajo un modelo de etapas y compuertas y el segundo escenario bajo un modelo de redes.

Confiabilidad

El objetivo de la prueba de confiabilidad es asegurar que si posteriormente un investigador sigue exactamente los mismos procedimientos descritos por un investigador anterior y conduce el mismo caso de estudio otra vez, el último investigador debe llegar a los mismos hallazgos y conclusiones. Para ello es deseable contar con un protocolo para la investigación, pero es esencial cuando se trata de un estudio de caso múltiple. En el estudio de caso, fueron consideradas las cinco componentes del diseño de investigación: 1) las preguntas a estudiar, 2) las proposiciones teóricas, 3) la unidad de análisis, 4) la lógica que relaciona a los datos con las proposiciones y 5) los criterios para interpretar los hallazgos. El protocolo que se siguió en la investigación está principalmente referido en el apartado Estrategia de Investigación y fue desarrollado conforme a la estrategia seleccionada que consiste en seguir las proposiciones teóricas. Los objetivos originales y el diseño del caso de estudio estuvieron basadas en tales proposiciones, las que a su vez reflejan un grupo de preguntas de investigación, Las proposiciones conformaron el plan de recolección de datos y marcaron la técnica analíticas seleccionada, que fue un análisis de series de tiempo, en su modalidad más sencilla, la cronología.

Conclusiones

Síntesis de lo destacable de la literatura acerca de la innovación y el DNP

La manera en que las empresas manejan sus recursos y las capacidades que con el tiempo desarrollan tiene influencia en su desempeño innovador. El éxito en el futuro, como en el pasado, seguramente residirá en la habilidad de adquirir y utilizar conocimiento y aplicarlo al DNP. Es común percibir un nuevo producto como el resultado del proceso de innovación, en el que el DNP es un subproceso de la

innovación. El producto es un concepto multidimensional, entonces es teóricamente posible etiquetar un producto como nuevo, con la simple alteración de una de esas dimensiones. Existen básicamente dos diferentes tipos de nuevos productos: nuevo para la empresa en el sentido de que esta nunca ha fabricado o vendido este tipo de producto antes, pero otras empresas si lo han hecho y nuevo para el mercado o producto innovador: el producto es el primero de su clase en el mercado. Una abrumadora mayoría de los llamados “nuevos productos” son desarrollos o variaciones de formatos existentes, solo el 10% de estos nuevos productos son nuevos para el mercado y para la empresa. Las etapas iniciales de un proceso de desarrollo de nuevo producto, conocidas coloquialmente como el “inicio difuso” son usualmente definidas como: generación de las idea, cribado de la idea, y prueba del concepto. Estas etapas representan la formación y desarrollo de una idea, previamente a su conversión en cualquier producto.

Existen numerosos modelos para el DNP, los que han sido clasificados dentro de siete distintas categorías. Los modelos más conocidos y aplicados por las empresas en el desarrollo de nuevos productos son los de decisión por etapas, representan el proceso de DNP como una serie de decisiones que necesitan ser tomada para progresar en el proyecto. Los modelos de redes representan el pensamiento más reciente en la materia: el proceso de acumulación del conocimiento desde una variedad de entradas. El conocimiento se construye gradualmente en el tiempo según progresa el proyecto desde una idea inicial, generada a partir de una oportunidad de mercado o a partir de una tecnología disruptiva, y a través del desarrollo. La teoría sobre los modos de conversión del conocimiento ha alcanzado un estado paradigmático desde mediados de los noventa, sin embargo su esencia: la conversión del conocimiento tácito ha sido seriamente cuestionada por algunos autores.

Es común administrar los proyectos de DT similarmente a la manera como se administración los proyectos para DNP. Esto puede conducir a tomar decisiones equivocadas por no contextualizar adecuadamente los tiempos, las actividades y la

información ya que los objetivos y alcances de unos y otros proyectos son esencialmente diferentes. La mayoría de los modelos para DNP utilizados por décadas han sido aplicados a todo tipo de proyectos, independientemente de que se trate de un DT o de un producto en específico. Los procesos tradicionales para nuevos productos están diseñados para proyectos bien definidos y previsibles, los DT, sin embargo, son por su naturaleza proyectos de alto riesgo con muchos aspectos desconocidos y grandes incertidumbres tecnológicas.

La relevancia del concepto de producto y su prueba

La concepción de nuevas ideas es el punto inicial de la innovación, pero una nueva idea ni es una invención ni es una innovación, es simplemente un concepto. El proceso de convertir los conceptos en algo nuevo y tangible, es una invención. La innovación depende de las invenciones pero las invenciones necesitan ser aprovechadas para actividades comerciales antes de que puedan contribuir a la innovación. La empresa tiene la idea de un producto, pero los consumidores no compran ideas, compran conceptos de productos; una idea de producto tiene un gran número de conceptos alternativos, luego se debe estrechar la elección a uno de estos conceptos, con base en criterios de lo que se quiere lograr con este producto. Para que una idea se convierta en el concepto de un nuevo producto es necesario tomar en cuenta tres requisitos: forma, tecnología y necesidad/beneficio. Luego el reto es probar si el concepto de producto o propuesta técnica de solución promete resolver la necesidad o problema y si un producto tendrá viabilidad en el mercado, mediante lo que se conoce como prueba del concepto. El término que se utiliza muy puntualmente en mercadotecnia, disciplina en la que tiene su origen es, sin embargo, ampliamente aplicado en diferentes campos y disciplinas para referirse a la demostración o verificación acerca de que si el concepto -de un programa social, de un programa de computadora, de un negocio, de un producto, de un proyecto de investigación, etc.- tiene potencial para una aplicación real. Es decir, el resultado de la prueba es la evidencia que establece que la idea, invención, proceso, programa, modelo de negocio, es factible.

Idoneidad de la metodología en la investigación de tesis

El tema de investigación surgió de la inquietud de entender la prueba del concepto en el DNP. Los modelos lineales para administrar el DNP dan al concepto del producto toda la importancia que tiene, pero su definición y prueba se percibe como un evento que ocurre puntualmente en alguna etapa del proceso. La realidad es muy diferente, el concepto del producto es algo que tiene implicaciones tanto tecnológicas como mercadotécnicas y están presentes de principio a fin en el proceso y por tanto, su definición es una actividad compleja. Cuando las implicaciones técnicas del producto y/o del proceso para producirlo demandan de un conocimiento no disponible en la empresa o en el mercado de la tecnología, es necesario experimentar para crear conocimiento nuevo. Es entonces que un DNP para una innovación incremental de producto, ya no es suficiente, se hace necesario entonces recurrir a otro proceso, el proceso de DT. Bajo estas circunstancias, este último proceso el DT, condiciona entonces al primero, al DNP. La literatura que promueve el proceso lineal de decisión por etapas, pretende resolver el problema, de manera simplista, agregando al proceso de DNP otro modelo lineal por etapas para el proceso de DT, de cuyos resultados surgirá el conocimiento para el DNP. Por su parte, la literatura acerca de los modelos de redes, los concibe como procesos de creación de conocimiento, lo que los ubica de entrada en el contexto de un DT, que sería particularmente útil para el desarrollo de productos discontinuos.

A partir de las diferencias entre la innovación incremental y la innovación discontinua, de las necesidades y prácticas de los diferentes sectores industriales y de las percepciones divergentes de los autores de los principales modelos surgió el interés por conocer y entender a profundidad el proceso de DNP y más específicamente la influencia que en tal proceso tiene la prueba del concepto. De este interés, surgió naturalmente lo que eventualmente se convirtió en la pregunta de investigación ¿cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto?. Para contestar la pregunta, era necesario contextualizar el fenómeno, “reconstruir” la

realidad tal y como la perciben quienes son parte del fenómeno mismo. De esta manera es como se decidió realizar un estudio de caso para conocer a profundidad los procesos relacionados con el DNP.

Ya que el propósito de la investigación era entender el fenómeno, se siguió la metodología aplicable para estudios causales o explicativos. La estrategia seleccionada para la investigación partió de las proposiciones teóricas. Las tácticas utilizadas consistieron en poner la evidencia en orden cronológico previamente al análisis real del caso, para encontrar explicaciones a partir del análisis de las tres proposiciones planteadas. Para el estudio del fenómeno se dispuso de múltiples fuentes de evidencia que hicieron posible conocer y entender un proyecto, o mejor dicho una serie de proyectos, que han tomado más de quince años. Las preguntas y las proposiciones teóricas surgieron como parte del proceso de investigación de una manera flexible, entre la sucesión de los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de las proposiciones. Las entrevistas con los actores fueron de gran utilidad para disponer de una clara descripción de los eventos relevantes del proyecto. Con esta información y con el apoyo de la literatura revisada se hizo evidente, desde un principio, la necesidad de distinguir entre un DNP y un DT y su respectiva aplicación en función del grado de innovación que demandaba, no solo el producto original, sino los productos emergentes del desarrollo. En medio de todo esto, se mezclaban con facilidad los productos y sus conceptos y la manera en que se retroalimentaban el DNP y el DT, a la luz de los modelos de referencia. Al final, los mismos modelos facilitaron el análisis al simularse su aplicación en el desarrollo del proyecto y manifestarse sus diferencias en los resultados. Es importante destacar que ninguno de los modelos fue considerado *a priori* para planear y desarrollar el proyecto, solo se utilizaron como herramientas para el análisis del caso.

Se considera que los resultados de la investigación y su contrastación con los factores de evaluación de la calidad de la misma, mostraron la pertinencia de la estrategia de investigación.

Hacia un esquema de innovación basado en el aprendizaje

La investigación muestra la forma en que pueden complementarse los modelos de DNP y DT. El análisis resultante de la aplicación de los dos modelos, permitió dar respuesta a la pregunta central de investigación sobre cómo ocurre el proceso que conduce al concepto del producto ya que los modelos ofrecen enfoques muy diferentes, pero complementarios, acerca de cómo ocurre tal proceso. Más específicamente, los modelos de etapas y compuertas, muestran con claridad la manera como confluyen los procesos, el de DT alimentando al DNP, en cuyo proceso se define y se prueba el concepto del producto. Por su lado, el modelo de redes y más específicamente la espiral del conocimiento, no distingue entre un DNP y un DT, pero en su esencia está la creación de conocimiento propia de un DT particularmente útil para el desarrollo de productos discontinuos. El DT tiene en su origen un concepto de producto, pero su resultado puede ser tan amplio como una plataforma de productos y también de procesos.

Las respuestas a las preguntas derivadas de la pregunta central de investigación se resumen de la siguiente manera: 1) la prueba del concepto en la innovación discontinua de productos a diferencia de la innovación continua, que parte de una base bien conocida y tiene objetivos claramente definidos y medibles, es que la innovación discontinua de productos como un proceso de búsqueda y experimentación, ocurre de una manera no lineal e iterativa, no se pueden anticipar sus resultados, 2) de ahí que la creación y conversión de conocimiento nuevo influye decisivamente en la innovación discontinua de productos, como se ha mostrado con detalle en los diversos ciclos de la espiral del conocimiento con la interacción entre investigadores de CIATEQ, de la UAQ y usuarios, 3) los usuarios aprenden acerca de sus propias necesidades a través de información experimental mientras usan nuevos productos o servicios. El prototipo, que captura la esencia del concepto, se convierte así en el canal de comunicación entre usuarios y desarrolladores.

El análisis de los resultados de la investigación llevaron a modificar el modelo tradicional de etapas y compuertas, incorporando una secuencia de operaciones resultante de los ajustes al concepto del producto por la participación de los usuarios. La teoría propuesta a continuación se sustenta en las evidencias del caso según se describió la manera en que se creó y convirtió el conocimiento:

De la interacción entre usuarios y desarrolladores surge un concepto del producto con el que se inicia un proyecto de DNP y después de varias iteraciones se prueba el concepto y se continúa con el desarrollo. Si la innovación es de carácter discontinuo, es requisito un DT previo o simultáneo mediante el cual desarrolladores y usuarios generan conjuntamente el conocimiento que hace falta, a través de la experimentación.

El conocimiento fue creado a medida que se avanzaba..... y se retrocedía, en el proyecto de DT. El nuevo conocimiento no fue resultado de simplemente aprender unos de otros o adquirir este conocimiento del exterior. El conocimiento fue construido desde el inicio del proyecto mediante repetidas interacciones entre los actores del caso, en un contexto apropiado que reunía todas las condiciones que a nivel organizacional se necesitan para promover la espiral del conocimiento. El proyecto de DT, visto como la entidad organizacional, acogió en laboratorios y campo a diversos usuarios, investigadores de la UAQ y CIATEQ, empresarios y proveedores, que compartieron libremente sus conocimientos y experiencias, lo que hizo posible el desarrollo de alimento para ganado y equipo para producirlo, que no existían anteriormente. No se tuvo más restricción que la dificultad común para obtener oportunamente los fondos para su financiamiento lo que explica, en parte, la excesiva duración del proyecto. Esta sencilla teoría no es fácilmente generalizable porque los proyectos de DT o no existen o se gestionan linealmente mediante un modelo de etapas y compuertas, priorizando el control y el camino rápido al mercado a expensas de la creación de conocimiento organizacional. No es común percibir un proyecto de DT como el espacio de aprendizaje indispensable para la innovación de productos

discontinuos. La cultura empresarial, por su proclividad a la búsqueda de resultados de corto plazo, difícilmente anticipa la necesidad de invertir en proyectos de DT que le doten de nuevas capacidades y tecnologías, como plataforma de lanzamiento de nuevos productos.

Confluencia de los procesos de DNP y DT

Los modelos lineales son útiles para explicar con sencillez y claridad el fenómeno estudiado. El modelo de etapas y compuertas de Cooper facilita el entendimiento de los procesos de DT y DNP al mostrar porque el DT es un requisito previo para entrar al proceso de DNP cuando se trata de una innovación discontinua y como su resultado alimenta al DNP. Este modelo fue de gran utilidad para explicar como, en el caso de estudio, confluyeron dichos procesos, incluso permitió mostrar como fueron necesarias cuatro iteraciones para llegar a la situación actual. Sin embargo, el proyecto analizado en el caso nunca fue planeado ni administrado bajo un modelo de etapas y compuertas. El proyecto fue administrado como todos los proyectos que se realizan en CIATEQ: un proyecto de DT para crear conocimiento y capacidades necesarias para el aprovechamiento, en este caso, de materiales abundantes resultantes de los desechos de las cosechas. Es decir aprovechar una oportunidad que, con base en la tecnología, resolviera una necesidad que, ciertamente, había que identificar. Una vez que se identificó tal necesidad fue necesario desarrollar los procesos y el equipo capaces de producir el alimento que después de una intensa experimentación, se concluyó que reunía las condiciones del producto que fue originalmente conceptualizado.

Vista y explicada linealmente la confluencia de los procesos de DT y DNP, esta ocurre como lo describe Cooper en su modelo, pero la exigencia de tomar decisiones en cada etapa para avanzar rápidamente en el proyecto inhibe, en gran medida, la posibilidad de perfeccionar el concepto del producto. Bajo el modelo de redes, el DT y el DNP más que confluir, coexisten durante todo el proyecto, ya que el concepto del producto se va perfeccionando por el conocimiento a medida que

progresar el proyecto. El modelo Spiro-Level, de Briones, si bien tiene como propósito la gestión del portafolio de proyectos, combina de alguna manera ambos modelos ya que concibe el proyecto como una espiral de tres niveles que a partir de la generación de la idea y hasta el lanzamiento del producto debe transitar por lo que requieren los procesos de DT y DNP. Una propuesta más seria sobre el desarrollo de productos discontinuos la proporciona Veryzer al señalar las diferencias existentes con el desarrollo de innovaciones incrementales. Enfatiza que en algunos casos, actividades tales como la prueba del concepto y la evaluación del negocio pueden realmente obstaculizar las innovaciones mayores puesto que los usuarios potenciales no siempre son capaces de comprender completamente o apreciar los productos discontinuos o sus probables ramificaciones.

Recomendación para investigaciones futuras

Los modelos de redes para la innovación se dice que son una expresión de la realidad actual en la materia. Empiezan a desarrollarse variantes de este tipo de modelos que facilitan la comprensión del fenómeno, bajo las tendencias actuales de la integración estratégica y tecnológica característicos de la 5ª. generación de modelos de innovación. La tendencia hacia la innovación abierta es un campo muy fértil para futuras investigaciones.

Existe un área de oportunidad para las universidades y centros de investigación de México si, como lo están haciendo universidades destacadas de varios países desarrollados, incursionan en el negocio de realizar pruebas de concepto para la industria ya que disponen del talento y de las herramientas necesarias para la experimentación mediante la fusión de tecnologías que crean otras nuevas y dan la oportunidad para explorar nuevas soluciones. La experimentación frecuente y temprana, utilizando las tecnologías para modelación y simulación actualmente disponibles ha reducido dramáticamente los costos y los tiempos requeridos para el desarrollo de productos. El prototipado rápido y los programas de simulación hacen posible probar conceptos de producto de forma rápida y a bajo costo.

Existen en el contexto nacional un número importante de centros de investigación que han realizado proyectos de DNP/DT cuyas experiencias podrían enseñar mucho si, como en el estudio de caso, se contrastan con las teorías y experiencias surgidas en contextos diferentes. La investigación y a documentación de tales experiencias podría contribuir a fortalecer la cultura para una mejor gestión de proyectos de DNP/DT. Con este propósito, la asignación de fondos provenientes de convocatorias para estos proyectos, podría estar sujeta a una mayor rigurosidad en cuanto a la apropiada utilización de modelos para la gestión de proyectos de este tipo.

El caso muestra la influencia de los procesos para crear los productos, las tecnologías actualmente disponibles contribuyen cada vez más en la mejora de los procesos, particularmente en el sector de servicios, que ha emergido como algo moderno en las economías cambiando los mercados impulsados por los productos a los mercados impulsados por los servicios basados en información, lo que permite anticipar que el futuro de las empresas será impulsado por innovaciones en los servicios. El impulsor obvio para los nuevos servicios son las tecnologías de la información, donde ocurren nuevas formas de interacción con los clientes. Se está dando un giro en la innovación, donde la innovación en el servicio conducirá a la innovación del producto. Serán necesarias nuevas formas de educación y habilidades administrativas para ampliar el éxito de la innovación en el servicio.

LITERATURA CITADA

- Abbagnano, N. 2010, Diccionario de Filosofía, Fondo de Cultura Económica.
- Abernathy, W.J., and Utterback, J.M. 1978. Patterns of Industrial Innovation, Technology Review, Vol. 80, No. 7, 1978, p. 40-47.
- Adkins, J. 2009. Thomas Edison, DK Publishing.
- ADIAT. 2010. Oficinas de Transferencia de Tecnología: Fundamentos para su formación y operación en México. Asociación Mexicana de Directivos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico, A.C.
- ADIAT. 2013. www.adiat.org
- Ahmed, P.K. 2012. Administración de la Innovación, Pearson Educación de México, S.A. de C.V
- Alba, M. 2009. i.empresarios: empresarios de la innovación, LID Editorial Empresarial, S.L., Madrid, España.
- Alagón, J. 2001. El Papel de las Pruebas de Concepto en el Lanzamiento de Nuevos Productos, Presentación ante la AMAI (Asociación de Agencias de Investigación de Mercados de México).
- APQC 2004. Benchmarking Best NPD Practices. American Productivity and Quality Center, Research Technology Management 47.
- Arroyo, A., Miranda, F.J., Sanguino, R. 1999. Desarrollo por Etapas: Una nueva generación de procesos de desarrollo. La gestión de la diversidad: XIII Congreso Nacional, IX Congreso Hispano-Francés junio 1999. p.521-524.
- Barras, R. 1986. Towards a Theory of Innovation in Services. Research Policy. Volume 15, Issue 4, August 1986, p. 161-173.
- Berkhout, A.J., Hartmann, D., van der Duin, P., Ortt, R. 2006. Innovating the Innovation Process. International Journal of Technology Management, Vol. 34, Nos. 3/4, 2006, p.390.
- Boyd, D. 2009. Innovation Perspectives
<http://www.innovationexcellence.com/blog/2009/09/24/innovation-perspectives-should-marketing-or-rd-lead/>
- Briones, J.A. 2011. Beyond Stage-Gate®: A New Approach to Manage Radical and Disruptive Innovation Projects in an Environment of High Uncertainty.

<http://www.slideshare.net/innovationexcellence/beyond-stage-gate-a-new-approach-for-innovation-management>

- Chesbrough, H. 2003. Open Innovation: The new imperative from creating and profiting from technology. Harvard Business Review Press, Boston , Ma.
- CIATEQ 2008. 30 años al servicio de la industria, CIATEQ, A.C., Centro de Tecnología Avanzada. Querétaro, México.
- Cohen, W.M., and Levinthal, D.A. 1990. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation, Administrative Science Quarterly 35(1): 128-152.
- Cooper, R.G. 1988. Winning at new products. Basic Books, Perseus Book Group, Fourth Edition, 2011.
- Cooper, R.G., Edget, S.J., Kleinschmidt. 2004. Benchmarking Best NPD Practices. American Productivity and Quality Center (APQC).
- Cooper, R.G. 2006. Managing Technology Development Projects. Research Technology Management; Nov/Dec 2006; 49, 6; ABI/INFORM Global pg. 23.
- Cordero, R. 2011. Innovación: La importancia de la prueba del concepto, Innovación, Negocios.
- Costello, G., Donnellan, B. 2008. Seeking the Face of Innovation with Ethical Compass of Emmanuel Levinas. International Federation for Information Processing (IFIP), Vol. 287, Springer, Boston, p. 97-117.
- COTEC 2004. Transferencia a las empresas de la investigación universitaria Fundación para la Innovación Tecnológica, España www.cotec.es
- Crawford, M., Di Benedetto, A. 2011. New Products Management, Tenth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Dodgson M., Gann, D., Salter, A. 2008. The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice, Oxford University Press.
- Dogdson M., Gann D. 2010 Innovation: A Very Short Introduction, Oxford University Press
- Drucker, P.F. 1993. Innovation And Entrepreneurship, First Harper Business Edition
- Drucker, P.F. 1993. Post-Capitalist Society. Oxford: Butterworth Heinemann

- Dyer, J., et al 2011. The innovator's DNA: Mastering the five skills of disruptive innovators. USA: Harvard Business Review Press.
- Eisenhardt, K.M. and Grebner, M.E., 2007, Theory building from cases: Oportunities and challenges, *Academy of Management Journal* 2007, Vol. 50, No. 1, 25-32
- Escorsa, P. y Valls, J. 2003. *Tecnología e Innovación en la Empresa*, Edicions UPC.
- Eurostat. 2006. www.proinno-europe.eu/doc/EIS2006_final.pdf.
- Flick, P. 2004. *Introducción a la Investigación Cualitativa*, Ediciones Morata, S. L.
- Freeman, C. and Perez, C. 1988. *Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behavior*, London, Pinter.
- Fraser, S.A., (1994), *Concept Testing: A Key to Successful Product Dvelopment*, Lincoln University CANTERBURY, Department of Economics and Marketing
- García, C. y Segura, G. 2005. *Inventar*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila
- Gavin, L. and Wright, M. 2004. The Effect of Concept Formulation on Concept Test Scores, *The Journal of Product Innovation Management*, 2004;21:389-400
- Gonzalez-Valadez, M. et al, 2008. Design and evaluation of an extruder to convert crop residues to animal feed, Elsevier
- Gourlay, S. 2006. Conceptualizing Knowledge Creation: A Critique of Nonaka's Theory. *Journal of Management Studies* 43, p.7 November 2006
- Grunert, K.G et al 2011. Use of consumer insight in the new product development process in the meat sector. MAPP Centre for Research on Customer Relations in the Food Sector , Aarhus Unversity, Denmark
- Hérrnandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. 1991 *Metodología de la Investigación*, Tercera Edición (2003), McGraw Hill Interamericana
- Inncom 2007. *Propuesta para Integrar el Plan de Negocios y Comercialización de la Tecnología de un Extrusor de Alimentos para Animales*, Desarrollado en el CIATEQ, Innovación y Competitividad, S.A. de C.V.
- Jobs, S. 2008 Interview with Fortune magazine
- Kotler, P. 1985. *Dirección de Mercadotecnia: Análisis, Planeación y Control*, 4ª. Edición, Editorial Diana. S.A. México, D.F.

- Kodama, F. 1992. Technology fusion and new R&D, Harvard Business Review
- Lafley, A.G. and Charan, R. 2008 Game-Changer: How you can drive revenue and profit growth with innovation, Crown Publishing Group, New York.
- Lee, M. and Na, D. 1994. Determinants of technical success in product development when innovative radicalness is considered. Journal of Product Management 11: p.62-68.
- Lord J. B. 2000. Product Concepts and Concept Testing, CR Press, Inc. Chapter 6
- Manual de Oslo 2005. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, Tercera edición, OECD y Eurostat.
- Maturana, H.R. and F.J. Varela 1980. Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living, Boston Studies in the Philosophy of Science.
- Mawhood, R., et al 2013 Supporting renewable energy in Latin America and the Caribbean: lessons to learn from innovation theory, ICEPT/WP/2013/016, Imperial College Centre for Energy Policy and Technology.
- Medina, J.A. 2005. Un modelo de desarrollo de capacidades dinámicas, Universidad de Cádiz, Dialnet 565247
- Muffato, M. y Roveda, M. 2000. Developing product platforms: Analysis of the development process, Technovation, Vol. 20, No. 11, 617-30.
- Munuera y Rodríguez 2007. Estrategias de Marketing: Un enfoque basado en el proceso de dirección. ESIC Editorial.
- Muñoz, G. y González, M. 2000. Reporte técnico de avances del proyecto Definición de Factores Estadísticamente Significativos en el Proceso de Densificación de Materiales Lignocelulósicos, CIATEQ, A.C., Reporte interno.
- Muñoz, G., et al, 2001. Diseño, Fabricación y Pruebas de una Máquina de Elaboración de Alimento Animal a Partir de Residuos Agrícolas y Agroindustriales, CIATEQ, A.C., Reporte interno.
- Muñoz, G., Pozos J., 2002 Implementación de una Planta para Producir alimento para Rumiantes a Partir de Residuos Agrícolas en el Municipio de Huimilpan, CIATEQ, A.C., Reporte interno.
- Nelson, R. 2007. Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory, GLOBELICS Working Paper Series No.2007-02

- Nieto, J. 2010. *Y tú..., ¿innovas o abdicas?* Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia
- Nonaka, I. and Takeuchi, H. 1995. *The Knowledge Crating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press
- OCDE. 2003. Resumen. De la investigación al mercado: Gestión de la propiedad intelectual por los organismos públicos de investigación. www.oecd.org/sti/scitech/16231061.
- Olson, E.M. et al 2001. Patterns of cooperation during new product development among marketing, operations and R&D: Implications for project performance. *The Journal of Product Innovation Management* 18 (2001) 258-271
- Peters, T.J. y Watermann, R.H. 1982. *En Busca de la Excelencia*, Laser Press Mexicana, S.A. (1984)
- Pervaiz K.A. et al 2012. *Administración de la Innovación*, Pearson Education de México, S.A. de C.V.
- Porter, M.E. 1980. *Competitive Strategy: Technics for Analyzing Industries and Competitors*, The Free Press, New York
- Porter, M.E. 1985. *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, The Free Press, New York
- Prahalad, C.K. and Hamel, G. 1990. *The Core Competences of the Corporation*, Harvard Business Review.
- Riaz, M.N. 2000 *Extruders in Food Applications*, CRC Press LLC.
- Rogers, E.M. 2003. *Difussion of Innovations*, Free Press, New York, NY.
- Rothwell, R. 1994. *Towards the Fifth-generation Innovation Process*, Science Policy Research Unit, University 01 Sussex, UK, *Marketing Review*
- Saren, M. 1994. Reframing the Process of New Product Development: From “Stages” Models to a “Blocks” Framework, *Journal of Marketing Management*, 1994, 10, p. 633-643.
- Schrage, M. (2000), *Serious Play: How the world’s best companies simulate to innovate*. Harvard Business School Press
- Schumpeter, J.A. 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper Perennial Modern Thought, New York (2008)

- Schumpeter, J.A. 1942. ¿ Puede sobrevivir el capitalismo?: La destrucción creativa y el futuro de la economía global, Capitán Swings Libros (2010).
- Schumpeter, J.A. 1939. *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, New York, MacGraw-Hill.
- Schumpeter, J.A. 1934. *Business Cycles: The Theory of Economic Development*, Transactions Publishers (2012), New Brunswick (USA).
- Senge, P.M. (1990), *La Quinta Disciplina: Como impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*, Ediciones Granica S.A. Argentina, 2012
- Seifoddin, A.A., Salimi, M.H., Seyed, M.M. 2008. Toward Evolutionary Innovation Theory, IUST International Journal of Engineering Science, Vol. 19, No.1-2,2008, p. 43-55)
- Teece, D.J. 1988, Capturing Value from Technological Innovation: Integration, Strategic partnering, and Licencing Decisions. INTERFACES 18: 3 May-June 1988, p. 51-52.
- Thomke, S.H. 2003. *Experimentation Matters: Unlocking the potential of new technologies for innovation*. Harvard Business School Publishing Corporation, Boston, Massachusetts.
- Trott, P. 2012. *Innovation Management and New Product Development*, Fifth Edition, Pearson Education Limited, Essex, England.
- Tsoukas, H. 2003. Do we really understand tacit knowledge? *Handbook of Organizational Learning and Knowledge*, Blackwell Publishing Ltd., UK
- Veryzer R.W. 1998. Discontinuous Innovation and the New Product Development Process, *Journal of Innovation Management* 1998; 15:304-321
- von Hippel, E. 1986 Lead users: A source of novel product concepts, *Management Science*, Vol. 32, No. 7.
- von Hippel, E. 2005 *Innovación impulsada por los usuarios*, Harvard Business Review
- von Hippel, E. 2006. *Democratizing Innovation*, MIT Press
- von Stamm, B. and Trifilova, A. 2009. *The Future of Innovation*, UTEK, Gower Publishing Limited, Surrey, England
- Yin, R.K. (1991). *Case Study Research: Design and Methods*, SAGE Publicatios, Inc.

APÉNDICE

CONTENIDO DEL APÉNDICE

Página

1	Extractos de reportes técnicos de los proyectos	
1.1	Definición de factores estadísticamente significativos en el proceso de densificación de materiales lignocelulósicos	2
1.2	Diseño, fabricación y pruebas de una máquina de elaboración de alimento animal a partir de residuos agrícolas y agroindustriales	7
1.3	Validación de prototipos de extrusión	30
1.4	Utilización de raciones altas en forrajes toscos extrudidas sobre el comportamiento productivo de rumiantes	47
1.5	Utilización de forrajes toscos en la reproducción de conejas reproductoras	53
1.6	Implementación de una planta para producir alimento para rumiantes a partir de residuos agrícolas en el municipio de Huimilpan,	59
2	Resumen ejecutivo del plan de negocio preparado por Innovación y Competitividad, S.A de C.V.	67
3	Trascripción de las entrevistas con los actores del caso	
3.1	Mtro. Fernando Baquero	77
3.2	Dra. Guadalupe Bernal	85
3.3	Dr. Agustín Escamilla	90
3.4	Ing. Juan Carlos Feregrino	102
3.5	Dr. Guillermo Muñoz	108

1 Extractos de reportes técnicos de los proyectos

1.1. Definición de factores estadísticamente significativos en el proceso de densificación de materiales lignocelulósicos



Centro de Tecnología Avanzada

FONDO DE TECNOLOGÍAS PRECOMPETITIVAS 1999

REPORTE TÉCNICO DE AVANCES DE PROYECTO

“DEFINICIÓN DE FACTORES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS EN EL PROCESO DE DENSIFICACIÓN DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS”

RESPONSABLE: M.I. GUILLERMO MUÑOZ HERNÁNDEZ

PARTICIPANTES: ING. MIGUEL GONZÁLEZ VALADEZ

FEBRERO, 2000



CONTENIDO	Pag.
I. Introducción	1
II. Resultados principales	1
III. Metas	5
IV. Vinculación lograda con otros sectores	5
V. Impacto en la formación de recursos humanos.	5
VI. Informe de la aplicación del gasto realizado en 1999	6
VII. Anexos	7

I. Introducción

Este proyecto es parte del programa de investigación de CIATEQ denominado “Manejo, Secado y Combustión de Productos a Granel”. La primera etapa consistió en la selección de los factores que más afectan al proceso de densificación de los materiales lignocelulósicos. Posteriormente, con la ayuda de los diseños experimentales y los métodos de análisis en superficies de respuesta, se determinaron las mejores respuestas en función de los factores seleccionados. El estudio del proceso de densificación de los materiales lignocelulósicos (residuos agrícolas y agroindustriales), permitirá seleccionar el equipo más adecuado o el diseño de nuevos sistemas para aplicaciones tales como la alimentación animal y la elaboración de combustibles sólidos renovables.

II. Resultados principales

a). La identificación de las etapas en el proceso de densificación, permitió simular el proceso de densificación llamado cubicado. El equipo principal de laboratorio es mostrado en la figura 1. Los experimentos fueron realizados sobre mezclas hechas a base de residuos agroindustriales y agrícolas, para la elaboración de un alimento para rumiantes. La composición fue recomendada por el Dr. Juan de Dios Garza (Asesor externo del proyecto).

El análisis inició con la consideración de 7 factores. A través de un diseño factorial fraccionado y el análisis de la varianza, se seleccionaron 4 factores:

Contenido de humedad, Temperatura del dado, Presión de compresión y tamaño de las partículas, utilizando un nivel de confianza del 99% ($p\text{-value} < 0.01$).

El cuadro 1 muestra la magnitud de los efectos sobre las respuestas, las cuales definen la calidad del producto densificado. El análisis de la varianza confirmó la hipótesis sobre el efecto significativo de los 4 factores enunciados

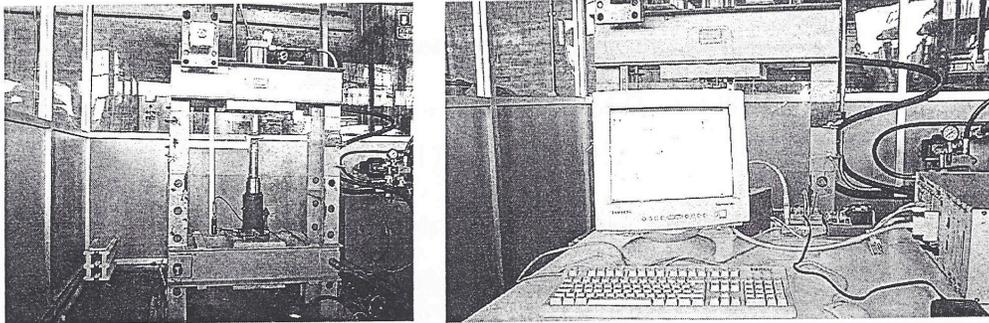


Figura 1. Equipo principal de laboratorio

Cuadro 1. Efectos de los factores las respuestas densidad, durabilidad y consumo de energía

FACTOR	EFECTO SOBRE LAS RESPUESTAS					
	DENSIDAD (kg/m ³)		DURABILIDAD (%)		CONSUMO DE ENERGIA(J/g)	DE
A: CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	-316.166875	1*	-29.625	2	-5.195562	2
B: TEMPERATURA (°C)	83.543125	4	28.575	3	-4.101812	3
C: PRESION (MPa)	101.319375	3	21.8375	4	6.009438	1
D: TAMAÑO DE PART. (Pulg)	-172.869375	2	-33.475	1	1.648188	4
E: AGLUTINANTE (%)	-57.003125		0.6125		-0.571187	
F: TIEMPO DE RELAJACION (s)	61.025625		7.425		-0.326687	

* Orden en la magnitud del efecto.

b). A través de los diseños factoriales de segundo orden, se determinaron los modelos de la densidad, durabilidad y consumo de energía.

Modelo de segundo orden para la Densidad(y_1):

$$y_1 = 635.769 - 136.417A - 10.333B + 23.5C - 23.333D + 17.75AB - 16AC - 10.625AD + 11.649A^2 + 16.524D^2$$

Modelo de segundo orden para la Durabilidad(y_2):

$$y_2 = 94.508 - 6.583A - 0.733B + C - 0.125AB + 0.875AC - 1.563BC - 3.809A^2 - 0.722B^2$$

Modelo de segundo orden para el consumo de energía(y_3):

$$y_3 = 20.818 - 1.362A - 1.785B + 4.569C + 0.66D - 1.428AB + 1.081AC - 1.371CD - 0.411A^2 - 0.417B^2 - 0.435D^2$$

Donde A, B, C y D, toman los valores codificados (de -2 a 2), de acuerdo con el cuadro 2.

Cuadro 2. Factores y niveles utilizados en el experimento de composición central

FACTOR	NIVELES DEL FACTOR EN EL EXPERIMENTO				
	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(2)
A- % de humedad	8%	11%	14%	17%	20%
B- temperatura	Ambiente	45 °C	65 °C	85 °C	105 °C
C- presión	30 MPa	45 MPa	60 MPa	75 MPa	90 Mpa
D- tamaño de partícula	1/8 in	Malla 6	½ in	Malla 3	¾ in

c). Las relaciones obtenidas permitieron optimizar la elaboración de los productos densificados, al minimizar en consumo de energía. El procedimiento consistió en minimizar la función objetivo Y_3 (consumo de energía), bajo las restricciones de densidad y durabilidad aceptables. Considerando que la *densidad* Y_1 , debe estar en un rango adecuado ($650 \leq Y_1 \leq 800$). Mientras que la respuesta *durabilidad* debe ser lo más grande posible y mayor al 90% ($Y_2 \geq 90$). De esta forma se establecieron las restricciones en los factores, en la densidad y en la durabilidad, con el propósito de minimizar el consumo de energía.

Restricciones:

$$-2 \leq A \leq 2$$

$$-2 \leq B \leq 2$$

$$-2 \leq C \leq 2$$

$$-2 \leq D \leq 2$$

$$650 \leq Y_1 \leq 800$$

$$Y_2 \geq 90$$

Los resultados mostraron los siguientes niveles para los factores:

Humedad **12.776 %**, temperatura **105°C**, presión a **41.854 MPa** y el tamaño de partículas a **¾ pulgada**. Los valores de las respuestas con estos niveles de los factores son: consumos de energía específico de 15.14 J/g, durabilidad de 95.31% y una densidad de 650 kg/m³.

d). Con respecto al modelo teórico-experimental, se propuso un modelo reológico, el cual permite predecir el comportamiento mecánico unidimensional de los materiales lignocelulósicos. En la etapa de compresión, se pudieron predecir los desplazamientos del material (Figuras 2 y 3). El error en la solución fue menor al 5%, en más del 90% del rango de la carga.

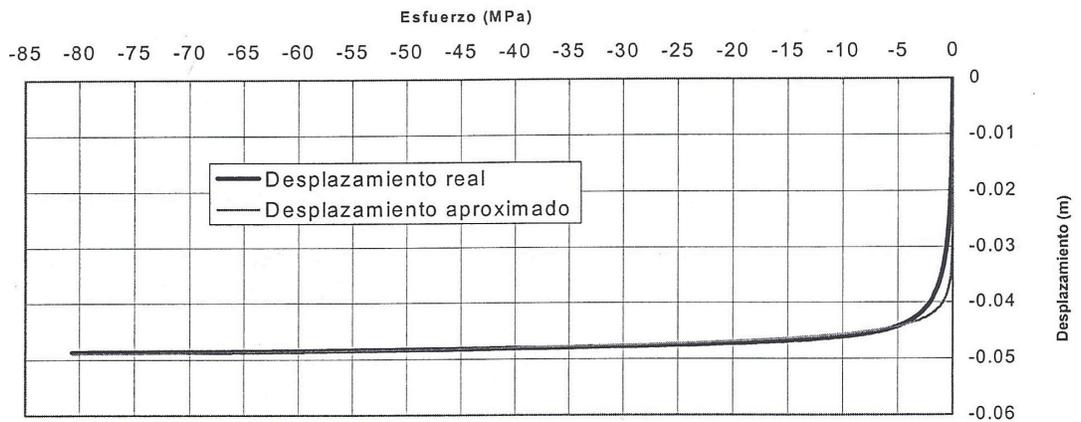


Figura 2. Comparación de la solución unidimensional. Etapa de compresión

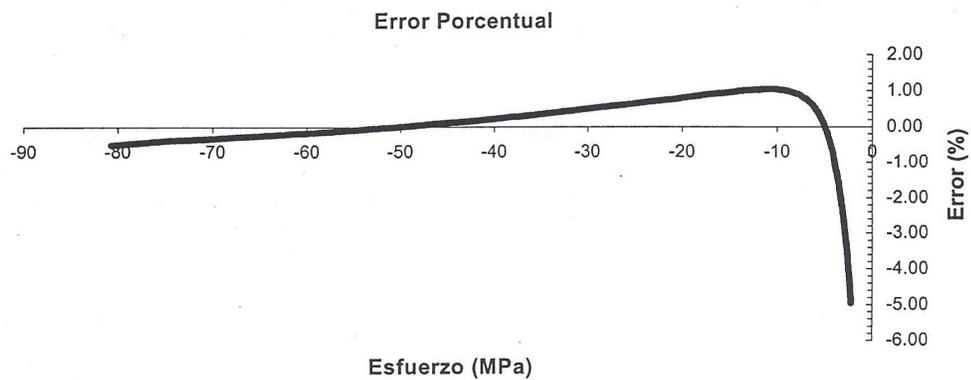


Figura 3. Error porcentual en la Solución. Etapa de compresión

1.2 Diseño, fabricación y pruebas de una máquina de elaboración de alimento animal a partir de residuos agrícolas y agroindustriales

REPORTE INTERNO
CIA-INV/CNC-001/2-2001



Centro de Tecnología Avanzada

AREA DE INVESTIGACIÓN

Av. Manantiales 23-A,
Parque Industrial Bernardo Quintana
El Marqués, Qro. Mex.
Tel/Fax: +(42)215183/215243

**“DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA DE
ELABORACIÓN DE ALIMENTO ANIMAL A PARTIR DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES”**

**REPORTE TÉCNICO DEL 2^{DO} SEMESTRE DEL 2001
(PARTE 1)**

POR:

**GUILLERMO MUÑOZ HERNÁNDEZ
MIGUEL GONZÁLEZ VALADEZ
PEDRO YAÑEZ CONTRERAS**

REVISÓ:

APROBÓ:


M.I. AGUSTÍN ESCAMILLA MARTÍNEZ
COORDINADOR DE PROGRAMA

M.I. FERNANDO BAQUERO HERRERA
DIRECTOR DEL ÁREA

DICIEMBRE, 2001



RSC-144

09067

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL

2.1.1. Revisión bibliográfica de alternativas

Los requisitos principales de diseño que debe satisfacer la máquina, originalmente fueron especificados en la propuesta presentada al SIHGO [Muñoz, 2000]. Estos requisitos son básicamente: rendimiento mínimo de 300 kg/h, dimensiones del producto densificado de aproximadamente 1 pulgada en alimentos para bovinos y un accionamiento desde la toma de fuerza de un tractor agrícola (70 HP).

Para el desarrollo de la ingeniería conceptual de la máquina, se revisaron diferentes extrusores, se pudo constatar que existen básicamente dos tipos: aquellos usados para plásticos y los usados para alimentos.

En los extrusores para alimentos, se observó que existen varias formas geométricas del tornillo para lograr la compresión de los materiales. En este sentido, existen tres tipos de diseños:

- a) Aumento progresivo del diámetro base del husillo.
- b) Reducción del paso de las hélices del sinfín.
- c) Cónicos.

Existen además, combinaciones de los anteriores. En la figura 1, se muestra un extrusor formador Bonnot [Harper, 1981]. Este es un ejemplo de un diseño con aumento progresivo del diámetro base del husillo. El dispositivo es completamente cubierto y tiene un tornillo hueco con una relación longitud-diámetro, L/D , menor que 10:1. La ligera compresión del tornillo causa la formación de presión en el dado, para un formado preciso. Estos extrusores son fabricados de acero inoxidable. Los modelos que tienen diámetros del tornillo de 2 a 14 pulgadas están disponibles con accionamientos de 1.2 a 112 kW, respectivamente. Las capacidades pueden ser tan altas como 4.5 ton/h.

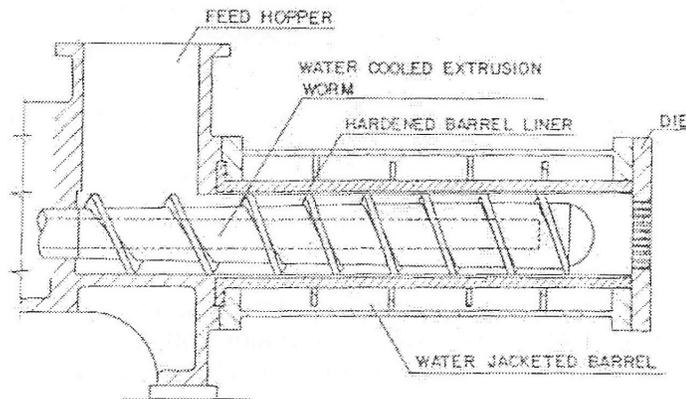


Figura 1. Sección transversal de un extrusor formador Bonnot.

Cuando el tornillo y el dado de cabeza comienzan a girar y extruyen las láminas delgadas del producto dentro del molde, la cabeza del émbolo 52 se retira proporcionalmente y permite que la briqueta sea extruída desde el dado. La presión mantenida en la cabeza 52, es aproximadamente de 40000 a 50000 psi (275 a 345 MPa), y esta presión junto con la acción del tornillo y el dado de cabeza comprime las láminas del material unas con otras.

La combinación de la presión y la fricción produce una gran cantidad de calor y las savias, resinas y otras sustancias presentes en los materiales fibrosos se convierten en semifluidos, estas sustancias sirven como aglutinantes.

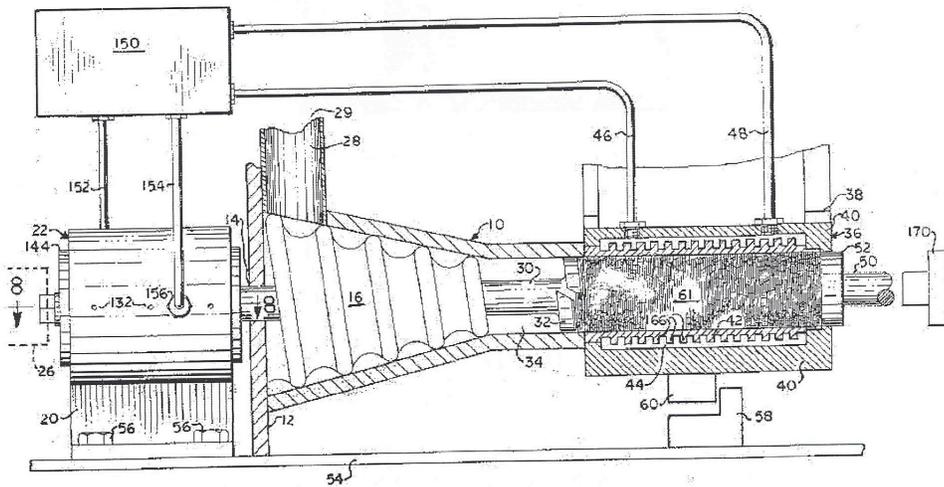


Figura 4. Extrusor de materiales fibrosos, Patente US3904340

Muy similar a la tecnología anterior, la marca SHIMADA fabrica un extrusor, cuyo eje sinfín gira a una velocidad de 600 rpm y comprime el material contra un dado caliente [Grover y Mishra, 1996]. Este dado es calentado a una temperatura de 280 a 290°C para producir una extrusión suave de las briquetas. La capacidad de producción depende del tamaño de la briqueta. Por ejemplo, si se producen briquetas con diámetros de 55 mm de aserrín, el rendimiento es de aproximadamente de 400 kg/hr. Sin embargo, si se utiliza un dado con diámetro de 65 mm, entonces la capacidad se incrementa a 600 kg/hr para biomasa. La figuras 5 y 6, muestran la máquina y la configuración del tornillo, respectivamente.

Sin embargo, la geometría mostrada en la figura 3, se simplificó incluyendo solamente la zona de transporte y la zona de compresión cónica, excluyendo la zona de precompresión y la zona opcional de empuje. Además, se propuso la utilización de soleras antirrotación, indicadas en la figura 3 con el número 5, para evitar el deslizamiento del material con el barril.

El diseño de un extrusor, integra además, el diseño específico de componentes como: el sistema de transmisión de potencia, el arreglo de los rodamientos, el sistema de alimentación y el barril, el tornillo extrusor, el dado y la estructura.

En la figura 9, se muestra la alternativa 1. Esta alternativa tiene la desventaja de generar grandes cargas de flexión en la estructura, debido principalmente a la alta carga axial en el tornillo sinfín (husillo). Esto significa, el uso de una estructura robusta. Adicionalmente, se encontró que las chumaceras deberán ser seleccionadas para altas cargas axiales (20 ton-f). Este requerimiento no se cumple con las chumaceras disponibles en el mercado.

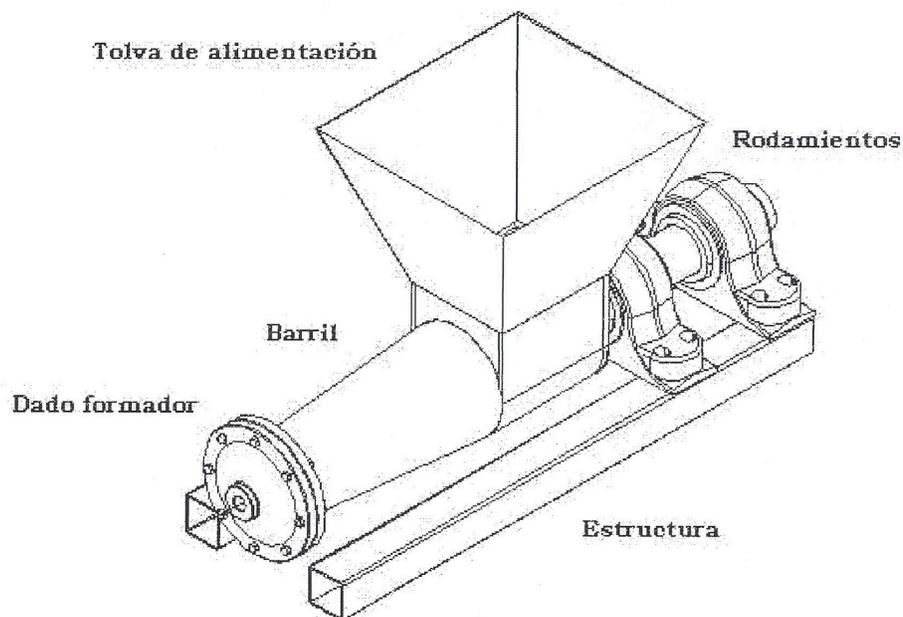


Figura 9. Alternativa 1 para el diseño del extrusor.

En la figura 10, se muestra la alternativa 2. Para esta alternativa se requiere diseñar un alojamiento para los rodamientos de empuje axial. Sin embargo, no genera problemas en la estructura, la cual puede simplificarse. Por tal motivo, esta opción resulta mejor.

Aunque este es el concepto total de la máquina, puede sufrir algunas modificaciones menores, pero se concibe como el primer prototipo de la máquina.

El concepto total de la máquina se ilustra en la figura 10.

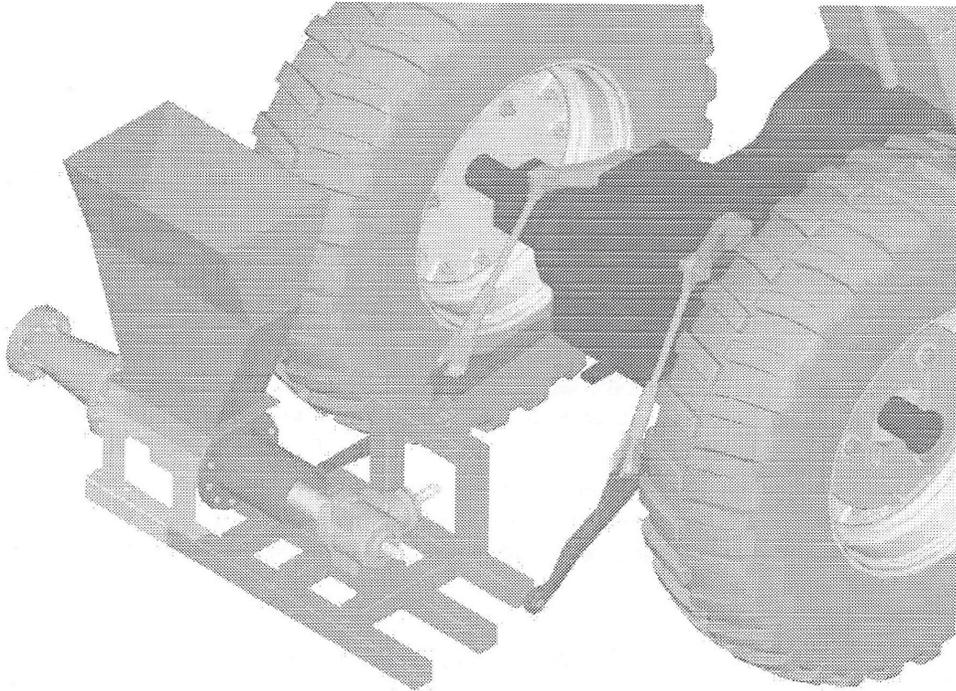


Figura 10. Alternativa 2, para el diseño del extrusor.

2.2. INGENIERIA BÁSICA Y DE DETALLE

El diseño de un extrusor, integra el diseño específico de componentes como **el sistema de transmisión de potencia**, el cual provee el torque y la velocidad rotacional requerida para el tornillo; **el arreglo de los rodamientos**, el cual debe ser especial para soportar las altas cargas axiales generadas por la alta presión de empuje del tornillo sobre el material; **el sistema de alimentación y el barril**, que incluye todos los aspectos de diseño de la tolva y la garganta alimentadora, así como de la configuración del barril para asegurar un correcto funcionamiento del tornillo; **el tornillo extrusor**, el cual por medio de su configuración, es capaz de generar la presión y la temperatura para extruir el material; **el dado**, con el cual se logra el estado, la forma y la densidad adecuada dependiendo de la aplicación; y finalmente **la estructura de soporte** de la máquina.

2.2.1. Sistema de transmisión de potencia

Uno de los requisitos de diseño para este prototipo, es aprovechar la transmisión de la toma de fuerza y el enganche de tres puntos del tractor. Existen transmisiones para equipo agrícola. Así, se pueden elegir, una flecha cardán, un dispositivo de seguridad y la caja de reducción requerida.

Las especificaciones necesarias para la selección del sistema, son: un rendimiento mínimo de 300 kg/h, la potencia de diseño y la velocidad angular. En el cuadro 4, se muestra la potencia, el rendimiento y el consumo de energía de algunos extrusores de alimento.

Cuadro 4. Rangos en los que trabajan algunos extrusores de alimentos.

Marca, Modelo y Referencia	Potencia (HP)	Rendimiento (kg/hr)	Consumo de energía (J/g)	Material
Wenger (x-85/4)OPTIMA [Harper, 1981]	40.2	200-475	227.3	Alimentos para mascotas, botanas secas.
Wenger (x-20) [Harper, 1981]	29.4	360	220	Alimentos para mascotas, botanas secas.
Shimada(SPM-850) [Shimada, Folleto comercial]	40	400	270	Cascarilla de arroz, cáscara de cacahuete, astillas de madera
Extruder in food applications (Riaz, 2000)	50	272-363	369.9	Alimento para animales
CFN(BP200) [C.F.N, Folleto comercial]	20	175	308.6	Pedazos de madera, aserrín, paja, papel, cáscaras de frutos secos, cascarilla de arroz, pedazos de caña de azúcar y otros residuos.
CFN(BP300)	24.7	350	190.3	
CFN(BP400)	40.2	800	135	
BOGMA(V40) [Bogma, folleto comercial]	29.4	150-200	396	-----

La configuración completa del tornillo se muestra en la figura 30. Este tornillo se compone solamente de una zona de alimentación y una zona de compresión. La zona de alimentación también es cónica. En pruebas hechas para el flujo de material a base de residuos de maíz con un tornillo cónico, se pudo observar un buen comportamiento del flujo y transporte. Bates (1969), en su artículo sobre padrones de entrega de material de la tolva hacia transportadores de tornillo, cita que las configuraciones cónicas son las más utilizadas para la alimentación y transporte de materiales a granel.

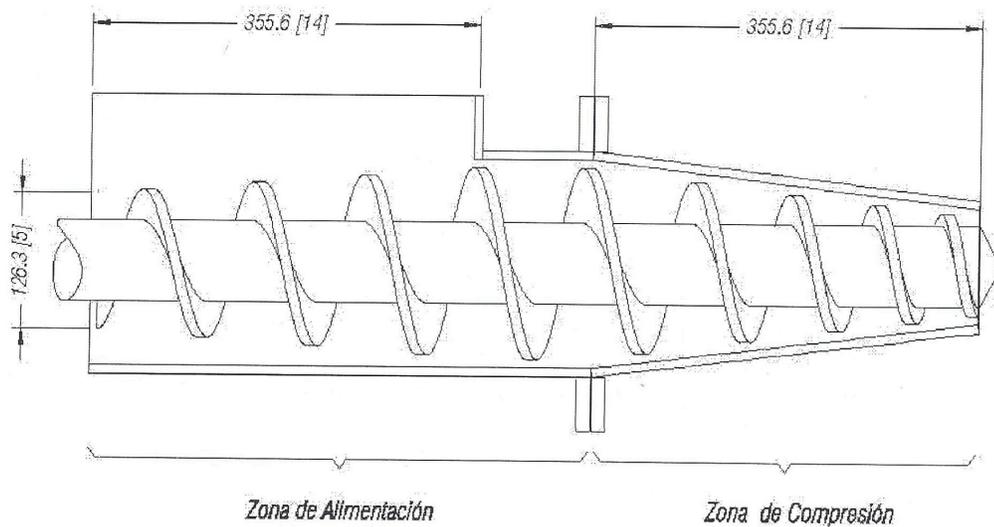


Figura 30. Configuración completa del tornillo del extrusor.

2.2.4.2. Rendimiento teórico

Si se considera una densidad inicial del material de 100 kg/m^3 , es decir, 0.150 g/cm^3 . El volumen inicial calculado en la primer hélice de la zona de compresión es de $1727715.820 \text{ mm}^3 = 1727.7 \text{ cm}^3$. Con estos valores se obtiene la cantidad de material por revolución:

$$(0.150 \text{ g/cm}^3)(1727.7 \text{ cm}^3) = 259.155 \text{ g}$$

En el cuadro 7, se muestran los rendimientos considerando diferentes velocidades y eficiencias de llenado del tornillo. En la práctica es muy difícil garantizar un llenado y por lo tanto, flujo continuo del material por las irregularidades, tanto en el material como en el sistema de alimentación, además de deslizamiento rotacional.

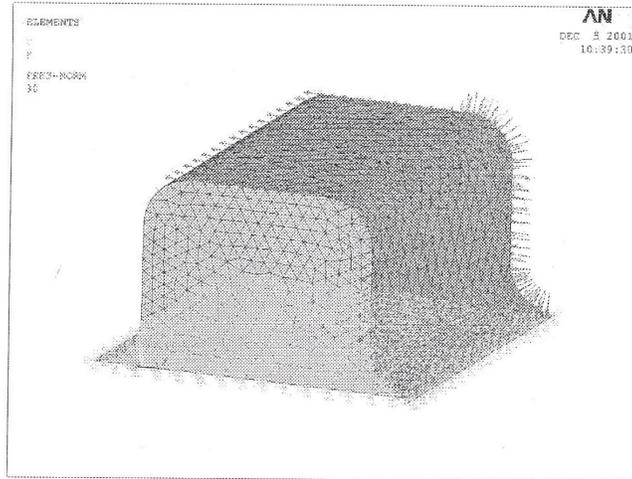


Figura 32. Modelo utilizado.

En la distribución de esfuerzos mostrada en la figura 33, se puede observar que el esfuerzo máximo de von Mises es de alrededor de los 100 MPa.

De esta forma, se espera que la hélice asegure su resistencia.

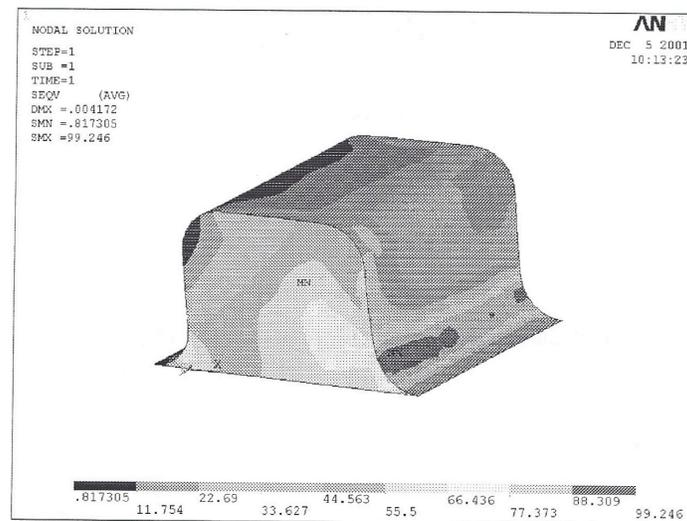


Figura 33. Análisis de esfuerzos en la hélice.

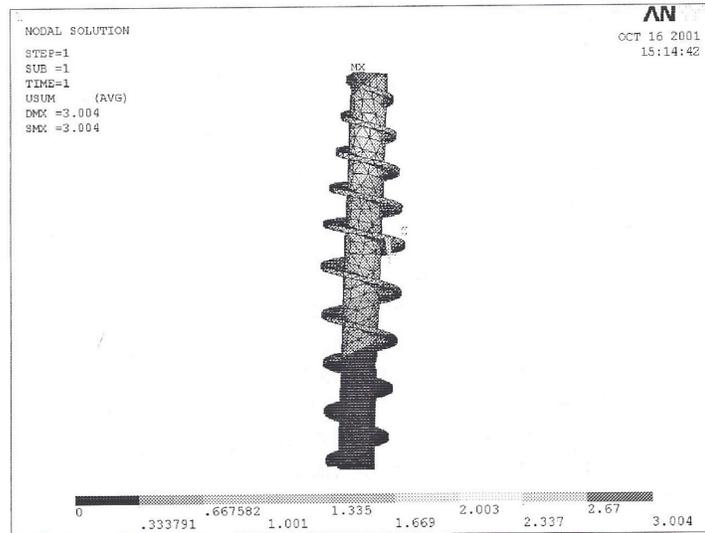


Figura 35. Análisis de la deflexión en el tornillo.

En cuanto a la distribución de esfuerzos, en la figura 36 se observa que el esfuerzo máximo de von Mises es de 135 MPa, en la parte cercana al empotramiento.

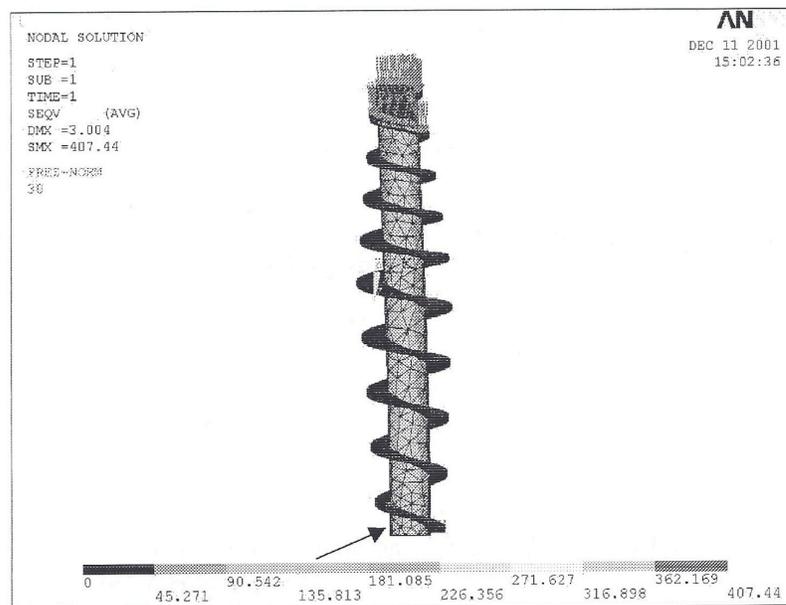


Figura 36. Análisis de esfuerzos en el husillo.

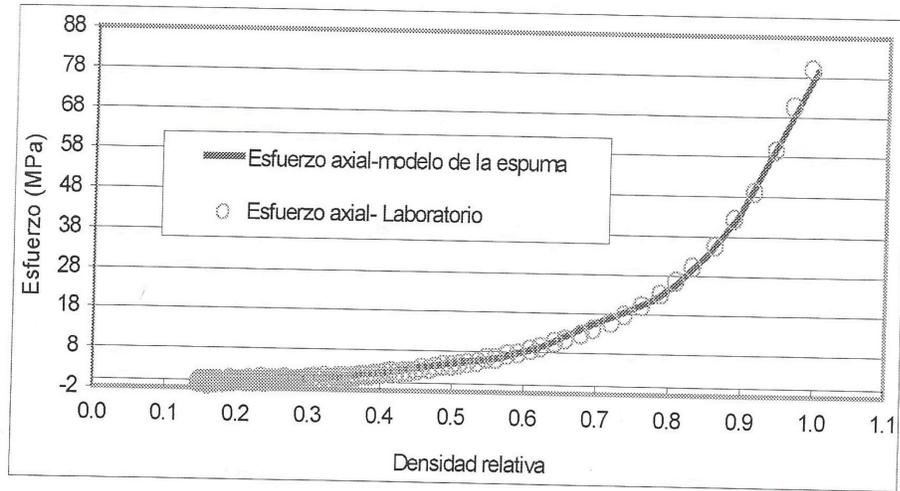


Figura 46. Comparación de esfuerzos axiales ($-\sigma_{11}$). Modelo de la espuma compresible.

Sin embargo, los esfuerzos laterales fueron sobrestimados (fig. 47). Corridas adicionales permitieron determinar que en densidades relativas cercanas a 1, los errores en los esfuerzos laterales, pueden ser disminuidos en densidades relativas cercanas a 1 (Fig. 47), al usar una razón de Poisson igual a 0.015.

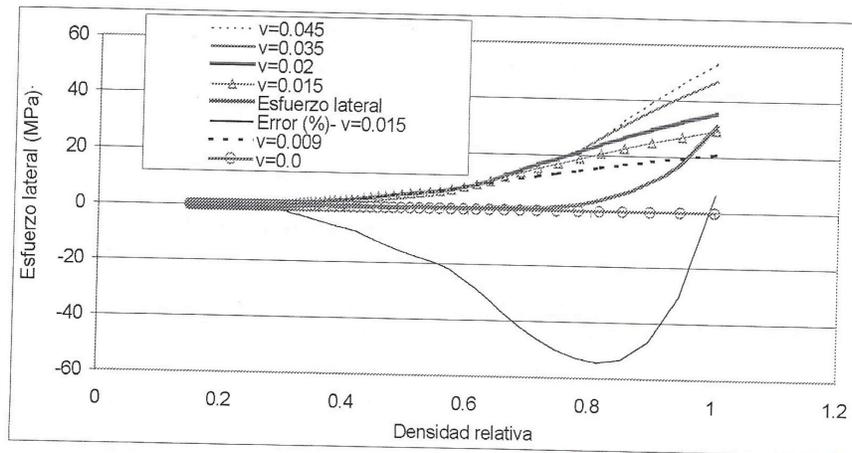


Figura 47. Comparación de esfuerzos laterales obtenidos por el modelo de espuma compresible en diferentes módulos de Poisson.

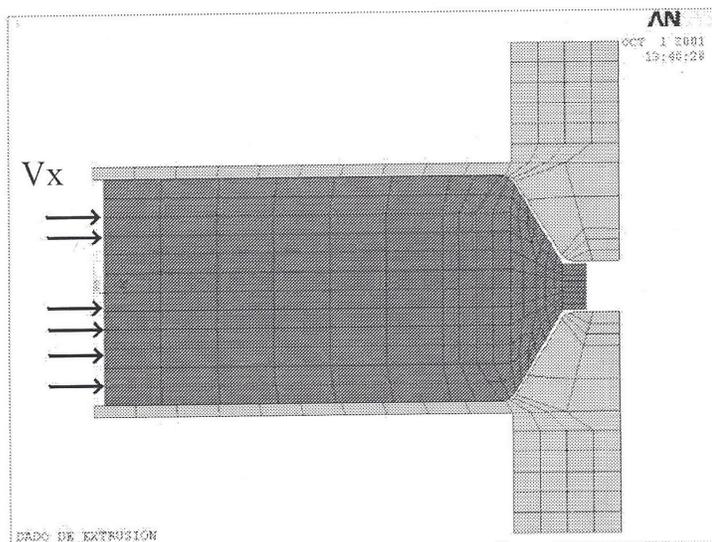


Figura 50. Modelo geométrico para el análisis

Debido a que la velocidad de compresión en el modelo no influye en el comportamiento del material, la velocidad (V_x) fue especificada en 220 mm/s de manera que el tiempo del proceso no rebase 1 segundo. Esta restricción es necesaria para el método explícito, donde se recomienda un tiempo del análisis alrededor de 1 segundo (PADT, 2000).

Los resultados del análisis muestran valores máximos de esfuerzo axial de 7 MPa (Fig. 51), para valores de los coeficientes de fricción estático y dinámico de 0.25 y 0.2 respectivamente. Estos valores obtenidos por Richter y citados por Mohsenin (1986) para heno troceado y en contacto con acero galvanizado.

Similarmente, en mezclas de 75% de heno y 25% de pasto (timothy) y acero galvanizado se obtuvieron registros de 0.226 y 0.345 en acero gris. Con estos valores un poco más grandes en los coeficientes de fricción (ahora 0.35 para el coeficiente de fricción estático y 0.3 para el dinámico respectivamente) y se realizó un nuevo análisis. Los resultados muestran un incremento en los esfuerzos axiales, ahora el máximo esfuerzo es de 12.1 MPa (Fig. 52). Por otro lado el objetivo es lograr niveles de presión del orden de 30 MPa. Este nivel de esfuerzos, sin embargo se puede lograr al aumentar la longitud de la salida. De acuerdo con los análisis realizados por Sitkei (1986), la presión en el dado dependerá de la longitud de salida del dado. Así, una solución posible es la adición de tubos de largos diferentes como se muestra en la figura 53.

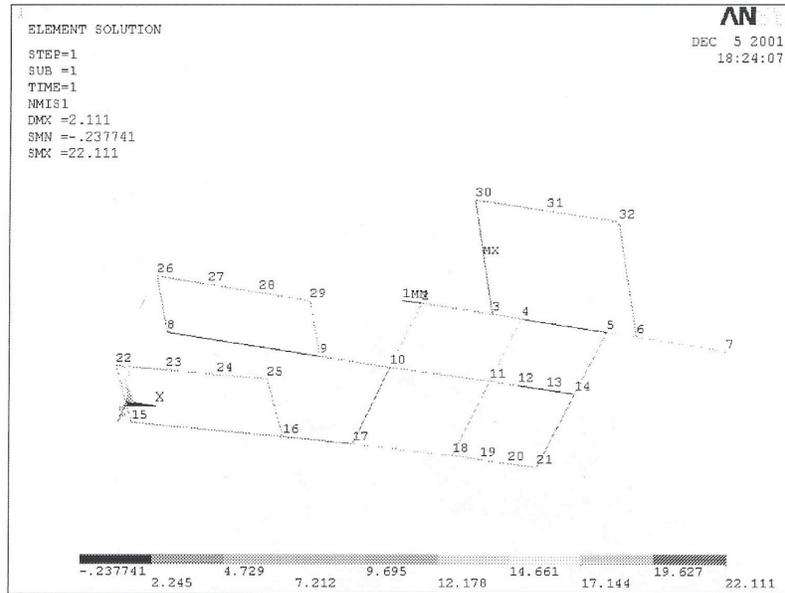


Figura 55. Análisis de esfuerzos de la estructura.

2.2.7. Dibujos de conjunto y fabricación

En base a los cálculos anteriores se elaboraron los dibujos de conjunto y de fabricación. Estos dibujos, se muestran en el anexo 3.

2.3. FABRICACION DEL PROTOTIPO

Una vez entregados los dibujos al fabricante, se dió un seguimiento a esta actividad. Además, se requirió cotizar y comprar todos los materiales necesarios.

Un servicio que solicitó mucha atención estuvo relacionada con el tratamiento térmico para endurecer el tornillo y el barril que son las partes sometidas a mayor desgaste. Este tratamiento, permitió subir la dureza de las partes sometidas a fricción hasta 45 Rc, la cual es comparable a la usada en el extrusor Bonot. En este extrusor, se utilizan durezas entre 50 a 55 Rc.

Durante la entrega de todas la piezas para su ensamble, se realizó una inspección de las dimensiones que nos garantizan el buen funcionamiento de la máquina. Esta inspección y prueba está documentada en formatos FGEN-26 como parte de satisfacer al sistema de calidad del CIATEQ.

2.4. PRUEBAS EN VACÍO Y CON CARGA

2.4.1. Primera fase

Después del ensamble de la máquina (fig. 56), el equipo se probó en vacío. En esta sesión se corroboró que no existiera algún contacto entre las soleras antirrotación (contenidas dentro del barril) con el tornillo.

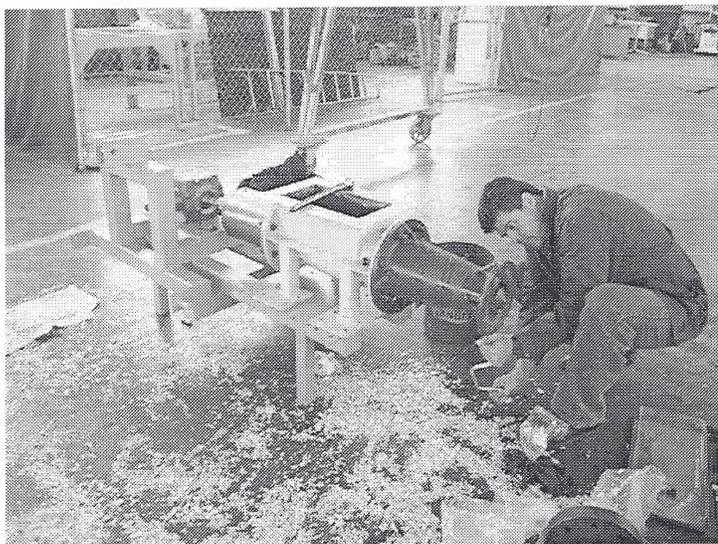


Figura 56. Ensamble de la máquina

humedad disminuye, la calidad y consistencia del material se incrementa. En la figura 60, se muestran las briquetas producidas con material al 15% de humedad, se puede observar que los productos no pierden su consistencia. El calentamiento alcanzado por el material durante el proceso de extrusión provoca que una vez que el material sale de la máquina, continúe perdiendo humedad y obteniendo cada vez más, una mejor consistencia

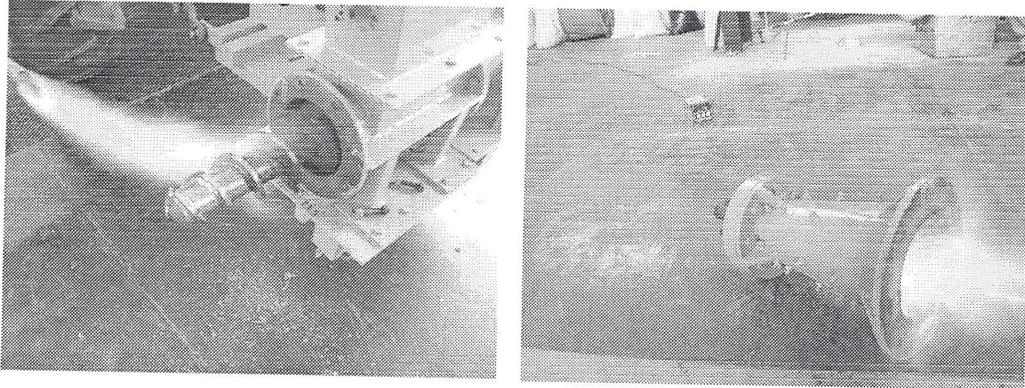


Figura 59. Calentamiento del dado y el barril.

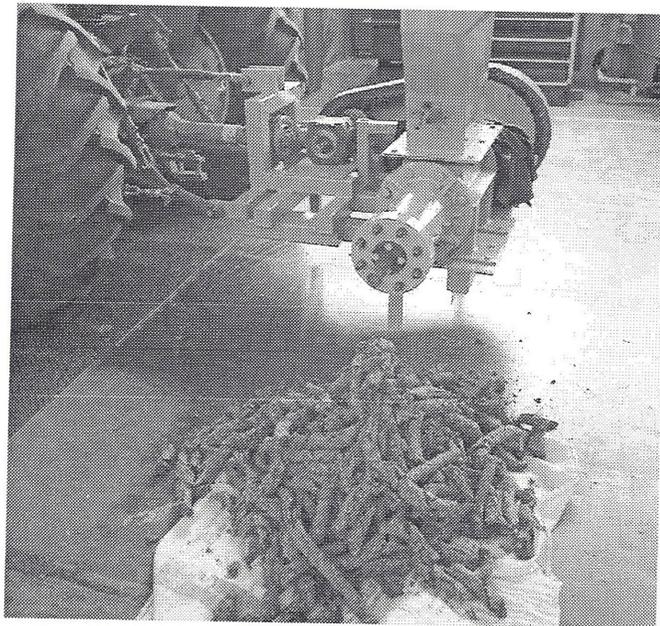


Figura 60. Material extruído a un 15% de humedad.

humedad disminuye, la calidad y consistencia del material se incrementa. En la figura 60, se muestran las briquetas producidas con material al 15% de humedad, se puede observar que los productos no pierden su consistencia. El calentamiento alcanzado por el material durante el proceso de extrusión provoca que una vez que el material sale de la máquina, continúe perdiendo humedad y obteniendo cada vez más, una mejor consistencia

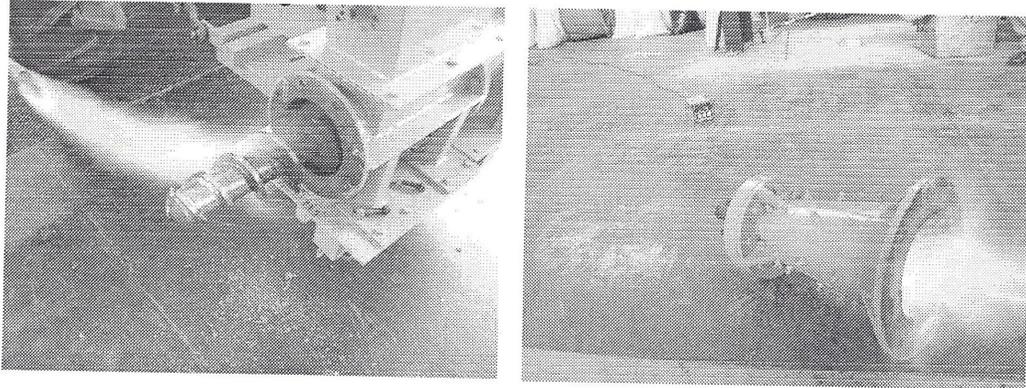


Figura 59. Calentamiento del dado y el barril.

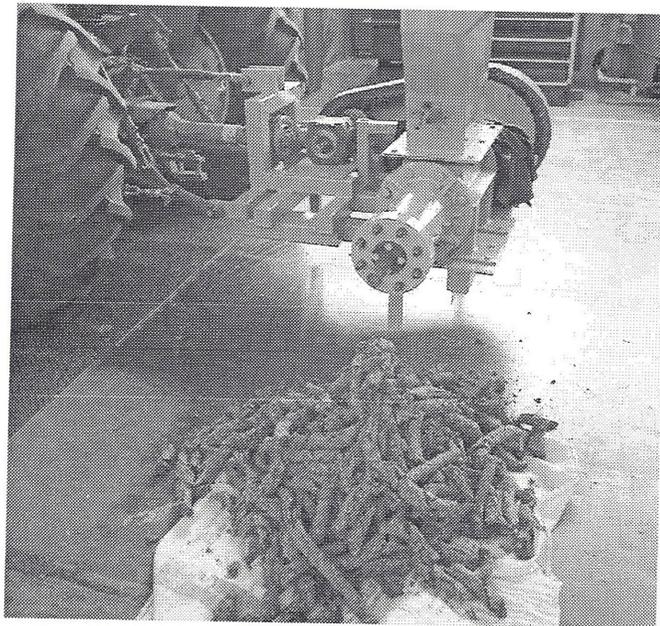


Figura 60. Material extruído a un 15% de humedad.

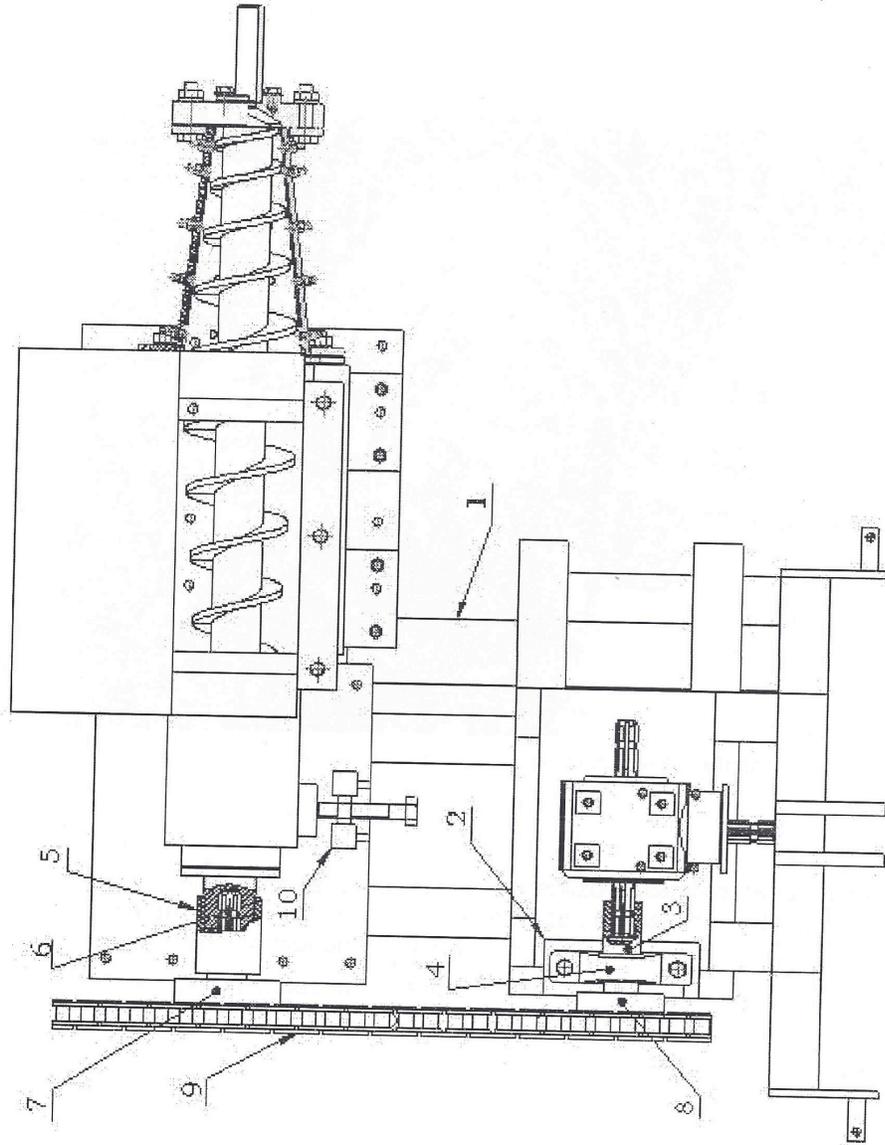


Figura 65. Arreglo de la máquina con la nueva transmisión por cadena y catarinas.

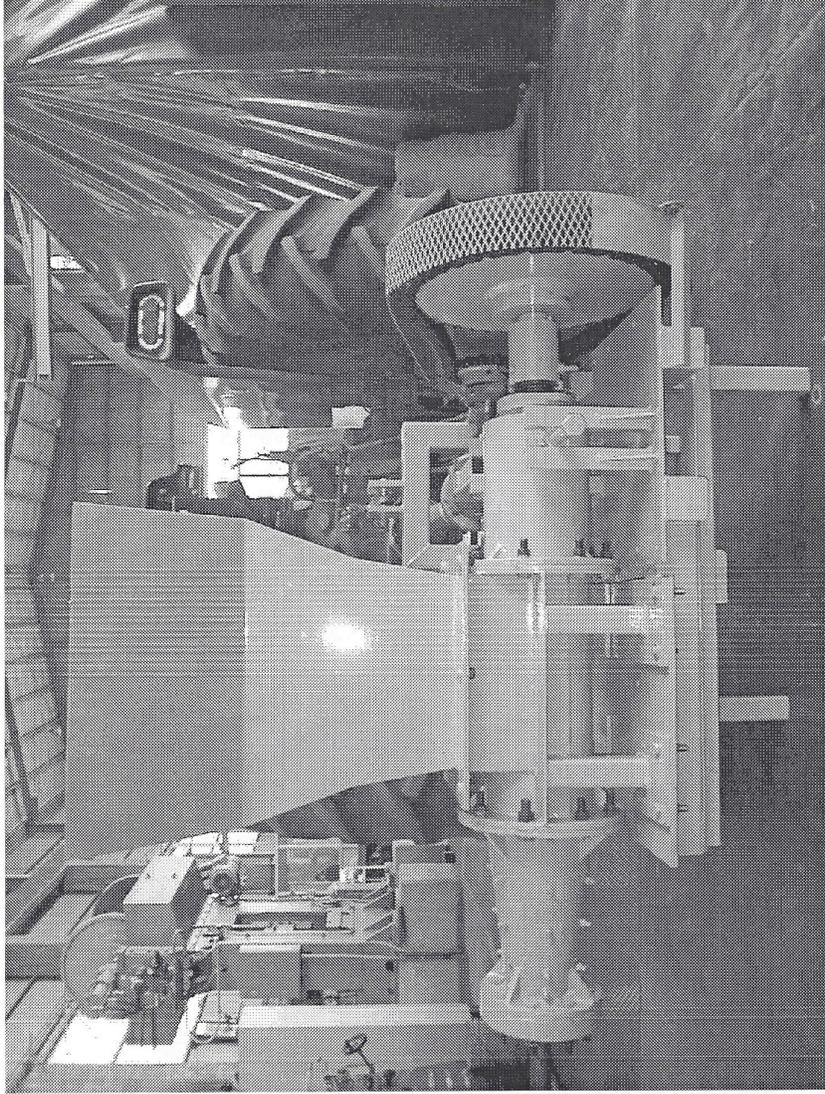


Figura 67. Prototipo al finalizar la fase de pruebas.

2.5.4.1. Determinación de la velocidad adecuada y el rendimiento

El tractor se puso a funcionar en una velocidad de 1500 rpm, con la cual, la velocidad del extrusor es de 60 rpm (figs. 69 y 70). Se recolectó el material compactado durante 2.5 min y se pesó. El rendimiento resultó en:

$$\frac{21 \text{ kg}}{2.5 \text{ min}} = 504 \text{ kg/h}$$



Figura 69. Material extruído



Figura 70. Máquina en funcionamiento continuo.



Figura 71. Determinación de la velocidad de salida del material.

2.5.4.5. Determinación del torque requerido y la energía específica

Con la determinación del torque es posible calcular la potencia y la energía específica. Para la determinación del torque, se requirió poner a funcionar nuevamente la máquina y detenerla abruptamente con material dentro. Inmediatamente después, se desconectó el cardán de la caja reductora y en su lugar se conectó un acoplamiento y el torquímetro (fig. 72). El torquímetro tiene una capacidad de 75 kgf-m y el torque máximo ejercido en la entrada de la caja reductora para extruir el material, fue de aproximadamente $27 \text{ kgf-m} = 265 \text{ Nm}$.

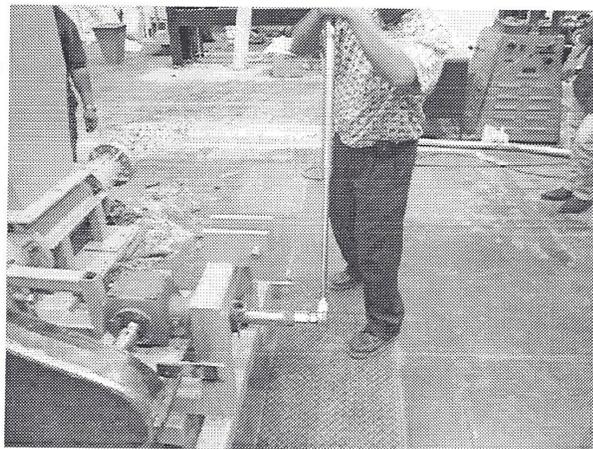


Figura 72. Determinación del torque en la entrada de la caja reductora.

2.5.4.7. Determinación de la densidad de las briquetas

La determinación de la densidad, se realizó por medición directa de las briquetas para obtener su volumen de acuerdo a la norma ASAE S269.4 DEC96 (fig. 75a). Debido a las irregularidades en la superficie de las muestras, se tomaron 3 medidas para el diámetro y se obtuvo el promedio. La masa se obtuvo pesando la muestra en una báscula electrónica (fig. 75b). Los datos: diámetro, longitud, masa, volumen y densidad se muestran en el cuadro 14, en el cual, el diámetro promedio se muestra en negritas.

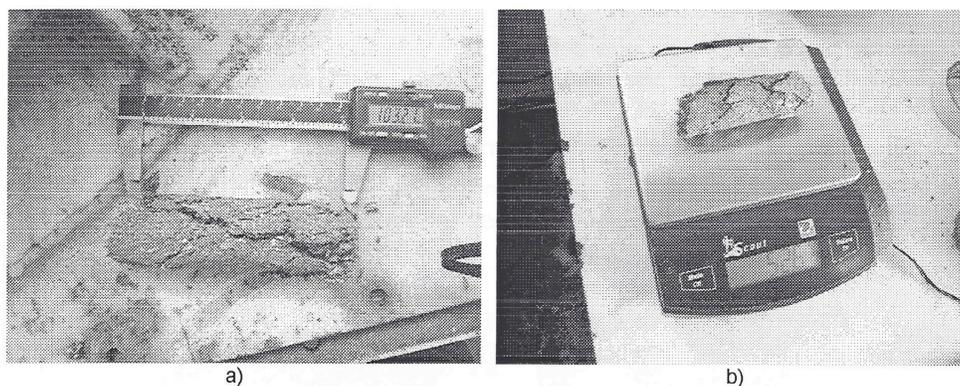


Figura 75. Determinación de la densidad de las briquetas. a) Cálculo del volumen y b) masa de la muestra.

Cuadro 14. Datos para la determinación de la densidad individual de las briquetas.

No. de muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad (kg/m ³)
1	2.938 3.022 (3.029) 3.126	8.012	52.734	52.6	911
2	2.901 2.963 (2.895) 2.820	7.991	52.6	48.1	914
3	3.045 3.042 (3.072) 3.129	8.621	63.898	55.2	864
4	3.030 3.027 (3.052) 3.100	9.120	66.720	56.3	844
5	2.991 3.173 (3.035) 2.940	8.561	61.934	54.0	872
6	2.990 3.045 (3.054) 3.128	9.176	67.217	55.2	821

Del cuadro 14, la densidad promedio es igual a **871 kg/m³**, la cual es satisfactoria considerando que las briquetas no muestran una consistencia muy dura, que imposibilite un buen consumo por los animales.

2.5.4.8. Determinación de la durabilidad

La determinación de la durabilidad se llevó a cabo haciendo uso de la norma ASAE S269.4 DEC96 para la determinación de la durabilidad para cubos. Un cubo, de acuerdo a esta norma es una aglomeración de ingredientes no molidos, en el cual, algunas de las fibras son iguales o más grandes que la longitud de la mínima sección transversal de la aglomeración. La configuración de la aglomeración puede tomar cualquier forma.

La durabilidad de las briquetas fue determinada mediante el siguiente procedimiento:

- a) **Dispositivo.** La durabilidad es determinada sometiendo las briquetas a dar vueltas durante 3 minutos a 40 rpm dentro de un dispositivo normalizado (fig. 76).

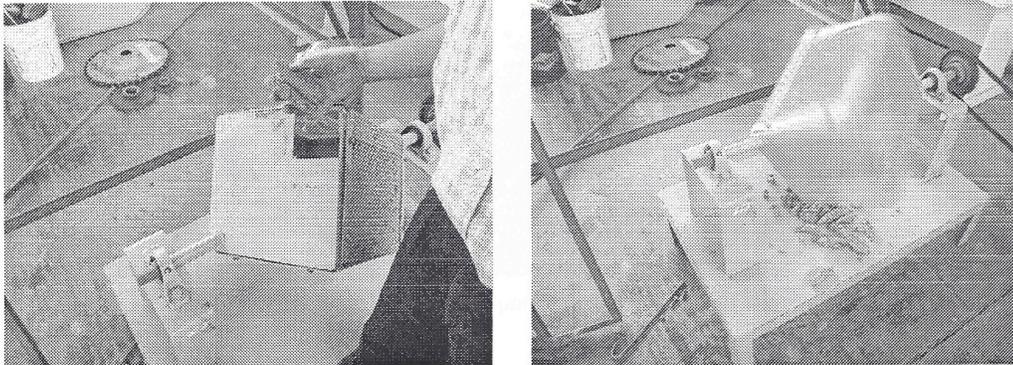


Figura 76. Dispositivo para determinar la durabilidad de cubos.

- b) **Determinación de la durabilidad de los cubos.** Se introduce una muestra de 10 briquetas con una variación $\pm 10\%$ del peso promedio original (50 g) (fig. 77). En el cuadro 15, se especifican los pesos de cada grupo de 10 briquetas. Se debe tener cuidado que las briquetas no se rompan o se desintegren después de pesarlos durante el transporte al dispositivo.

Los datos obtenidos en esta prueba se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Resultados de la prueba de durabilidad.

Grupo	Clases de masa de las briquetas					Indice de distribución de tamaños	% de durabilidad
	% de la masa original en cada clase						
	50-40 g	40-30 g	30-20 g	20-10 g	10-0 g		
1	44.28	22.33	5.23	10.22	17.94	264.79	82.06
2	54.48	14.85	0	9.34	21.33	271.81	78.67
3	25.73	21.20	20.89	10.99	21.19	219.29	78.81
4	45.16	7.34	22.74	7.54	17.22	255.68	82.78
5	43.67	21.41	5.09	9.49	20.34	258.58	79.66

Del cuadro 16, el porcentaje de durabilidad promedio es **80.40%**.

El valor de 265 Nm para el torque es relativamente bajo. Sin embargo, puede ser explicado debido a que el material es viscoelástico, por lo que la fuerza de compresión es afectada por la velocidad de compresión, así es de esperarse que con la máquina en funcionamiento el torque sea mayor.

El torque requerido para extruir el material se obtiene del producto del torque calculado en la entrada de la caja reductora por la relación de reducción que es igual a: $1.92 (54/16)=6.48$ veces. Así, el torque es:

$$T = (6.48)(265 \text{ Nm}) = 1717.2 \text{ Nm}$$

La velocidad de funcionamiento es de 60 rpm $= 6.2832 \text{ s}^{-1}$ y el rendimiento de 442 kg/h $= 122.8 \text{ g/s}$. Con estas condiciones, la energía específica consumida por la máquina es:

$$\text{Energía específica} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Rendimiento}} = \frac{(1717.2 \text{ Nm})(6.2832 \text{ s}^{-1})}{122.8 \text{ g/s}} = 87.86 \text{ J/g}$$

El consumo de energía específico calculado es bajo de acuerdo a los datos mostrados en el cuadro 4.

Para el propósito de elegir la nueva caja, la potencia a considerar es la obtenida en funcionamiento normal de la máquina. Para esto, el embrague de seguridad no fue rebasado en el ajuste colocado de torque (alrededor de 700 Nm). Si se toma este valor como el torque máximo durante el trabajo de la máquina, la potencia es:

$$P = (700 \text{ Nm})(6.48)(6.2832 \text{ s}^{-1}) = 28500 \text{ W} = 38.2 \text{ HP}$$

De donde, el consumo de energía específica es:

$$\text{Energía específica} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Rendimiento}} = \frac{28500 \text{ J/s}}{122.8 \text{ g/s}} = 232 \text{ J/g}$$

2.5.4.6. Determinación de la densidad a granel

Al término de la prueba, se almacenó material en una bolsa para realizar las pruebas referentes a la calidad del producto (fig. 73): densidad a granel, densidad individual y durabilidad de acuerdo a la norma ASAE S269.4 DEC96 [ASAE Standars, 1998].

La densidad a granel tiene una influencia en el espacio requerido durante el transporte y almacenamiento.

Para la determinación de la densidad a granel, se utilizó un recipiente cilíndrico de una capacidad de 18.8 lt $= 18800 \text{ cm}^3$, con dimensiones de 29 cm de diámetro y 33 cm de longitud. Se llenó con briquetas con una longitud promedio de 10 cm (fig. 74). El peso de las muestras fue de 6.8 kg, así la densidad a granel fue de **362 kg/m³**.

1.3 Validación de prototipos de extrusión



REPORTE INTERNO
CIA-PM/490753/2008

Centro de Tecnología Avanzada

ÁREA DE PROCESOS DE MANUFACTURA

Av. Manantiales 23-A,
Parque Industrial Bernardo Quintana
El Marqués, Qro. Méx.
Tel/Fax: + (442)1961500/Ext. 4105

“VALIDACIÓN DE PROTOTIPOS DE EXTRUSIÓN”

Clave Interna: 490753

REPORTE FINAL

Responsable Técnico del Proyecto: Dr. Guillermo Muñoz Hernández

- PARTICIPANTES
- **Erick Campuzano Maya**
 - **José Luís Camacho Martínez**
 - **Francisco T. Martínez Delgadillo**
 - **Máximo Martínez Jiménez** (Est. Tecnológico de Oaxaca)
 - **Dra. Guadalupe Bernal Santos** (UAQ)

Julio, 2008



RSC-144



09067



Contenido		Pag.
I.	Introducción	2
	1.1. Antecedentes	4
	1.2. Objetivos e indicadores	6
II.	Producción del Primer lote	6
	2.1. Áreas de oportunidad detectados	13
	2.2. Evaluación del producto: alimento peletizado para toros de lidia	19
	2.3. Lecciones aprendidas	20
III.	Producción del Segundo lote	23
	3.1. Lecciones aprendidas en el segundo lote	27
IV.	Prueba de demostración para productores de Aldama, Tamaulipas	27
V.	Producción del Tercer lote	28
VI.	Resultados obtenidos por objetivos planteados	32
	a) Convenios de colaboración	32
	b) Equipos de producción	32
	c) Evaluación y certificación de 2 dietas	33
	d) Validación de la operación de los equipos	37
	e) Otorgamiento de propiedad intelectual	37
	f) Publicación internacional	39
	g) Posibilidades de negocio para la transferencia tecnológica	39
VII.	Conclusiones, mecanismos de transferencia y trabajo futuro	41
VIII.	Referencias	43
IX.	Anexos	44

I. Introducción

Las oportunidades de mercado detectadas para los equipos de extrusión desarrollados en CIATEQ, sin ser las únicas y que han sido consideradas en el proyecto, las encontramos en los siguientes aspectos:

- a) Actualmente la producción pecuaria en México se ve amenazada por el incremento de precios de sus insumos más importantes que son los granos o cereales. El los primeros días de enero del 2007, el precio de maíz se incrementó en casi el 56% con respecto al mes de enero del 2006 (<http://www.eluniversal.com.mx/notas/399206.html>). La opción que se propone es el uso de subproductos de bajo costo o residuos como sustitutos de maíz, que bajo un balanceo integral de las dietas permita su peletización completa. Es decir, el alimento aportará todos los requerimientos de producción del ganado. A diferencia de los alimentos concentrados (balanceados) disponibles en el mercado, el alimento propuesto incluye la fracción de forrajes. El ejemplo a usarse es el pan caduco de la empresa Bimbo, el cual representa costos alrededor del 50% de los costos del maíz, con energía metabolizable (ME) equivalente o mejor que el maíz. Este ingrediente ya es usado a granel por el rancho "Dolores" de Querétaro (Propietario: Carlos Arguibau Parfect). En un sistema de producción donde los costos por concepto de alimentación se encuentran en el orden del 80% (González, 2000), los costos se pueden reducir en una proporción del 20%. Esta estimación bajo el supuesto de una inclusión de pan en la dieta del 40% (0.5x40%). En sistemas de peletización importados, no se incluyen los forrajes en los alimentos concentrados. Bajo el sistema de alimentación tradicional (no es integral), el ganado puede seleccionar los ingredientes de mayor palatabilidad y generar problemas digestivos aunados a una baja eficiencia en la conversión alimenticia.
- b) En sistemas de producción intensiva, las mezclas físicas de los ingredientes permiten que el ganado seleccione los de mayor palatabilidad, desbalanceando las dietas, provocando bajos rendimientos, problemas digestivos y desperdicios de ingredientes de peor palatabilidad. La presentación peletizada no permite que el ganado seleccione ingredientes, fomentando altos consumos y altas eficiencias en la conversión alimenticia. Por su formulación integral y la inclusión de fibra larga aportada por los forrajes, no se esperan problemas digestivos porque no se modifica el sistema natural de rumia del ganado. En instalaciones de la UAQ, Bernal (2005) realizó pruebas comparativas entre una dieta peletizada y no peletizada (testigo) con los mismos ingredientes, en vaquillas holstein y 12 toretes de raza indefinida de cruza comerciales con razas predominantemente europeas, al usar dietas de mantenimiento (no incluyó pan). En ambas razas se encontraron mayores ganancias de peso con alimento peletizado. En los toretes para carne se encontró 78% mayor ganancia de peso promedio, 23 % de incremento en la eficiencia de la conversión alimenticia y mayores consumos de materia seca, con respecto al alimento testigo. Por estos resultados se obtuvo una reducción de costos de alimentación del 23% y una reducción en los tiempos de producción hasta de 44%. En un alimento de finalización no se tienen resultados registrados. Los sistemas de peletización en sistemas comerciales del mercado mexicano, no permiten la inclusión de forrajes con fibra larga, debido a que los equipos de peletización importados (CPM y Bhuler) tienen máxima producción en tamaños de pellet pequeño (3/16 a 1/4) y requieren que los ingredientes sean finamente molidos (Garza y Keown, 1997), a un tamaño de criba de molino de martillos por lo menos igual tamaño del pellet. Si el tamaño del pellet es cambiado la producción se reduce de forma importante. Esta característica ha limitado los tamaños del pellet pequeño en el mercado de alimentos balanceados. El equipo diseñado en CIATEQ es un extrusor que no presenta la desventaja en tamaño de pellet, ni requiere que los forrajes sean molidos finamente, evitando la operación de molienda de los forrajes.
- c) Debido a la alta densidad del pellet se presentan ventajas en el transporte, almacenamiento y facilita la comercialización del producto en comparación con las mezclas físicas realizadas a base de forrajes. Así se pueden reducir los costos de manejo en proporción directa a la densidad del pellet. Con respecto a forraje empacado, la reducción en costos de almacenamiento y

transporte es del orden del 40 % y si se manejan mezclas físicas, alrededor del 25% dependiendo de los ingredientes de las dietas.

- d) Otra amenaza recurrente anualmente para los productores, es la producción estacional de forrajes y la variación de precios, por su escasez en periodos de sequía (<http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/entrevistas/2006/marzo/cp240306.htm>). Así, en periodos de abundancia de forrajes o de ingredientes se puede producir en varios turnos, para almacenar alimento y disponer de él, en periodos de escasez. La presentación del alimento puede manejarse como pellets a granel o en sacos de 40 kg.

Así en esta línea de investigación desde 2002, CIATEQ en colaboración con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), han desarrollado y probado dos formulaciones de raciones integrales peletizadas de bajo costo, utilizando desarrollos tecnológicos en equipos de producción realizados por CIATEQ y apoyados en su etapa final por CONACYT a través del Programa Avance – Última Milla. Con esta colaboración interinstitucional se definieron dos paquetes tecnológicos susceptibles de ser transferidos al sector productivo: Paquete 1.- Equipos de línea de producción para peletizar residuos agrícolas y agroindustriales; Paquete 2.- Formulación de raciones integrales peletizadas a base de residuos agrícolas y agroindustriales.

La transferencia de la tecnología puede realizarse después de una alianza estratégica con productores o ganaderos del estado de Querétaro, bajo un esquema de riesgo compartido, donde las partes aporten:

- ❖ Productores ganaderos.- Pondrán a disposición del proyecto, sus instalaciones productivas para albergar los equipos de producción, su hato ganadero para certificar el alimento balanceado, los ingredientes de las formulaciones, el personal operativo requerido para la producción de alimento y será un establecimiento demostrativo del producto.
- ❖ CIATEQ.- Diseñará, fabricará y pondrá en marcha los 3 equipos de producción. Adicionalmente, brindará la asesoría y capacitación a los productores, en el funcionamiento y mantenimiento de los equipos. De acuerdo a los resultados del proyecto, los tres equipos se podrán transferir bajo esquemas de renta o compra hacia los tres productores participantes.
- ❖ UAQ.- Aportará los conocimientos, las formulaciones a base de “esquilmos agrícolas, pan, pollinaza y alfalfa” y las normas de mejores prácticas de manufactura para producir y balancear las dietas. Además, certificará la metodología empleada en las pruebas, así como los resultados obtenidos.

Cada equipo de extrusión tiene el potencial para generar una nueva microempresa, con un producto nuevo en el mercado. Este producto se espera, sea demostrado, validado y bajo convenios o contratos pueda ser transferido a los productores interesados.

1.2. Objetivos e indicadores del marco lógico

	Indicadores verificables	Fuentes de Verificación	Supuestos
Fin del proyecto Ofrecer al mercado un equipo y producto confiable para la explotación comercial	-Tiempo de operación estimado -Consumo, Conversión alimenticia -Costos	Operación continua por turno en Instalaciones de la UAQ y pruebas de validación	- No afectación en la unidad por huelgas de la UAQ o políticas internas
Objetivo General: - Validar los equipos de extrusión para producción de alimentos integrales peletizados - Sensibilización del mercado de alimentos integrales peletizados	- Cantidad Ventas	Productores	- No afectación en la unidad por huelgas de la UAQ o políticas internas
Productos: a). Vida útil de piezas de repuesto b). Logística de producción y suministro de materias primas b). Capacidad de planta c). Áreas de oportunidad	- Registros de desgaste - Registro de horas de operación - Cantidad producida - Fallas o modificaciones en registros	- Encargado de producción - Encargado de mantenimiento	- Se dispone de espacio e infraestructura para la instalación de 2 equipos

El proyecto se organizó a través de la producción de alimentos peletizados para productores interesados. En pláticas realizadas con el productor Ing. Gabriel Lecumberri Pando, mostró un fuerte interés en el producto (alimento para toros de lidia) y en el equipo. Mostró su postura en que el proceso de producción (tecnología) no puede ser protegido o patentado porque ya existe un producto similar en Estado Unidos (cubos de Warren & Baerg). La tecnología de peletización (extrusor) ya ha sido patentada, pero no se ha patentado el proceso de producción ni los productos (alimento peletizado). Debido a que el producto presenta características diferentes al cubo, tiene su propio valor reflejado en el aprendizaje de proceso y obtenido de los proyectos previos y el actual. Sin este conocimiento, los equipos no podrán ser usados convenientemente. El aprendizaje o conocimiento tiene un costo asociado a los equipos y CIATEQ deberá percibir los ingresos correspondientes. Si los equipos son operados en las instalaciones de los productores, el aprendizaje es transmitido a los productores sin ingresos para CIATEQ y se pierde el control del proceso y del producto. Este razonamiento llevó a la decisión de producir los alimentos en las instalaciones de CIATEQ y mantener el control tanto del proceso como de los productos peletizados.

II. Producción del Primer lote

Productor: Ing. Gabriel Lecumberri Pando
Rancho: Ojo azul. El Marqués. Querétaro
Producción total requerida: 12 toneladas
Dieta usada para ganado de lidia:

Ingredientes:

- 40 % Rastrojo de maíz
- 40 % alfalfa
- 20% de pmezcla

Debido a la presentación en pacas, resultó muy impractico para pesar cada una de las pacas de materia prima. Se sacó un promedio y en función del número de pacas usadas se obtuvo las siguientes variaciones en la dieta:

- 43% de alfalfa
- 37% de rastro
- 20% de pmezcla

Condiciones de humedad:

- Humedad de la alfalfa: 12 % , base húmeda (b.h.)
- Humedad del rastrojo: 8 %
- Humedad de la pmezcla: 9%

Densidad estimada de la mezcla antes de peletizar: 92 kg/m³

La formulación de la dieta fue realizada en base húmeda. La planta de alimentos para producción promedio de 1/2 tonelada/hora, es mostrada en la figura 1. Las operaciones realizadas incluyen:

- a) Carga de ingredientes, mezclado y trituración de forrajes en el mezclador
- b) Carga de materia prima al alimentador
- c) Alimentación automática de la mezcla o dosificación
- d) Extrusión
- e) Transporte de pellets
- f) Enfriamiento
- g) Encostalado manual



Figura 1. Planta prototipo para la validación del equipo



Figura 6. Alimentación hacia el extrusor

d) Extrusión

La extrusión es una operación de compresión alta presión (> 30 MPa) y temperatura de 80 a 110°C , en el dado. Los consumos de potencia varían en proporción directa con el amperaje del motor. Los registros muestran corrientes entre 15 A y 17 A en el motor eléctrico del extrusor. En carga se observa Amperajes predominantes de 35 A a 50 A. En ocasiones por heterogeneidad en la alimentación se suben hasta 60 A.

e) Transporte de pellets

Los pellets son transportados hacia el enfriador de banda de 25 cm de ancho, con una potencia de diseño de 0.75 hp y velocidad de transporte de $(272\text{m})/(8\text{s})= 0.34$ m/s (Figura 7).

f) Enfriamiento y encostado manual

La operación de enfriamiento es necesaria para ensacar de forma inmediata la producción. Si la producción no es enfriada y ensacada de forma inmediata, entonces se producen hongos en parte superior del saco y mayor cantidad de finos por los movimientos del pellet cuando aún es muy suave.



Figura 7. Transporte y enfriamiento de pellets

Después de un tiempo de residencia de aproximadamente 7 minutos de los pellets, el enfriador es descargado para realizar el ensacado manual del alimento. Esta operación es realizada de forma intermitente, es decir, se da un tiempo de enfriamiento de aproximadamente 6 minutos al pellet caliente, posteriormente cuando se ha llenado el enfriador, se apaga el ventilador y los pellets de la parte inferior o más fríos son liberados por gravedad a través de la compuerta inferior (figura 8). A través de un espejo colocado en la parte superior del enfriador se puede observar el nivel del contenedor como indicador para abrir la compuerta. En diseño formal del enfriador fue realizado por un estudiante del tecnológico de Oaxaca y los dibujos de fabricación se muestran en el anexo 5.



Figura 8. Ensacado manual de pellets

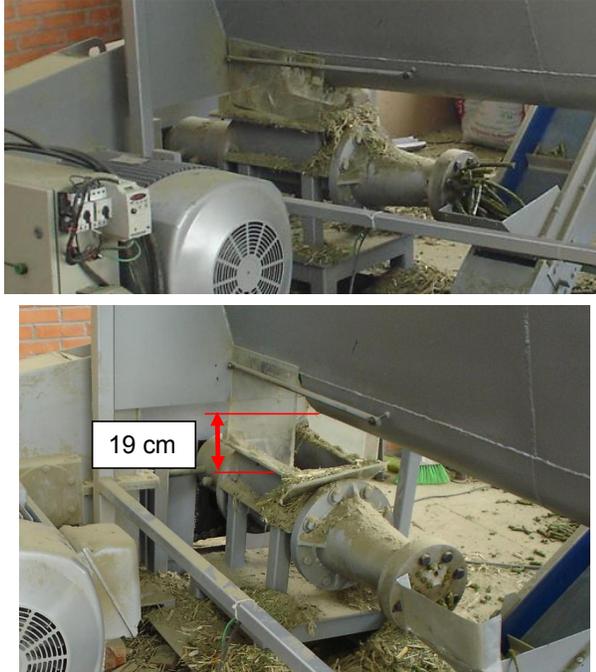


Figura 12. Aumento de altura de descarga en la salida del alimentador

c) Desgaste

Quinto día efectivo de trabajo:

Durante la operación se observaron explosiones en la salida del dado y aumentos momentáneos del consumo de potencia, observado en el amperaje del motor eléctrico. La causa del mal funcionamiento del extrusor fue el desgaste de la punta del husillo (Figura 14). La solución parcial fue realizada a través de la aplicación de soldadura E12018 recomendada para acero AISI-4140 (Figura 14).



Figura 13. Desgaste presente después de una producción de 12 toneladas

2.3. Lecciones aprendidas

- a) Para cada dieta, se deben realizar ajustes a los equipos por la densidad de las materias primas. En esta etapa se hicieron sobre el alimentador y enfriador.
- b) Se presentó alto desgaste en la punta del husillo sin tratamiento. Con tratamiento se espera una vida útil por lo menos del doble de producción. De 12 a 25 toneladas
- c) Por la falla presentada en la operación es muy importante asegurar la protección eléctrica contra sobrecarga. En el diseño se consideró solamente una protección, pero es preferible usar un cople o catarina con perno de corte, como protección mecánica.
- d) El periodo de producción fue de aproximadamente 4 semanas: 3 semanas entre pruebas-ajustes y 5 días de trabajo efectivo 6 horas continuas de operación. Esto trajo una vida útil de la punta 4140 R de 12 Toneladas (Dieta 37% rastrojo, 43% alfalfa, 20% Premezcla)
- e) Vida útil esperada con Soldadura de Carburo de Tungsteno: 36 toneladas
- f) Producción máxima obtenida de 1.9 ton/día en 5 horas de operación efectiva por día.
- g) Costos de operación Dieta de 681 \$/ton con accionamiento eléctrico y se estimó 358 \$/ton con accionamiento a diesel, bajo un costo de producción de combustible de 85 pesos/ton en este segundo caso.
- h) Los productores de carne están desapareciendo del mercado, debido a que los precios de venta de la carne permanecen y los precios de los insumos se han incrementado anualmente alrededor del 40% (Tabla 1). En este sector los insumos han incrementado costos, pero el producto la carne, permanece al mismo precio de venta (Figura 18). Así, con respecto a años previos, los productores no disponen de muchas opciones y han optado por usar todo tipo de ingredientes de bajo costo, que incluso se presentan opciones que se contraponen a las normas sanitarias. El proceso de peletización incrementa el costo, pero también aumentan los beneficios. Debido a los precios tan castigados, se observa poca atraktividad de inversión por parte de los productores. Esta razón y la del inciso c) nos lleva con cierto cuidado a producir dietas suaves de bajo desgaste y a enfocarse hacia mercados de alimentos con alto valor de venta, como los alimentos especiales de pie de cría, toros de lidia, cabrito, caballos, ovinos, equinos y suplementos. etc. Por otro lado, si surgen subproductos de bajo costo, puede pasarse de un problema a un área de oportunidad. Los subproductos actuales como el pan Bimbo, Kellogs, pollinaza y esquilmos agrícolas también han incrementado sus precios siguiendo el comportamiento de los granos y oleaginosas.

Restan los siguientes puntos asociados al paquete tecnológico:

- a) Costo de la tecnología
- b) Estimación del costo de producción en serie
- c) Plan de negocios
- d) Plan de Mercadotecnia

III. Producción del Segundo lote

Productor: Ing. Carlos Arguinbau Valles
Rancho: "Dolores" Carr. Qro-Chichimequillas Km.
Dieta usada: Pie de cría, Raza Holstain (A)
Producción total requerida: 4.5 toneladas para pruebas de evaluación y certificación en la UAQ.

Tabla 2. Dieta A

Ración engorda becerros Holstain 2008 Para 500 kilos		
	CONTROL (kg)	EXPERIMENTAL (kg)
Maíz molido	250	0
Pan molido	0	250
Heno de avena	125	125
Alfalfa		
Pasta de soya	65	65
Melaza	35	35
Minerales ML4	25	25
	500	500

Densidad estimada de la mezcla: 183 kg/m³

Recepción:

36 Pacas de avena = 860 kg (8/ABR/2008)

Residuos de Kellogs: 12 bultos de 40 kg= 480 kg (8/ABR/2008)

Condiciones de humedad:

- Humedad de la avena: 9 %, base húmeda (b.h.)
- Humedad del Kellogs: 9 %
- Humedad de la premezcla: 10%

Maíz (Amazcala): 31 bultos = 1240 kg

Pacas de alfalfa: 45

Durante las pruebas iniciales con la dieta A (Tabla 2) y dietas de alta densidad del segundo lote, el extrusor fue atascado. La causa fue la alta densidad inicial de las dietas. El alimentador se usó con los mismos ajustes del lote 1. La alimentación del material es tan importante que permite homogenizar la operación del equipo y evitar sobrecargas repentinas. En este atascamiento, el apoyo de la caja de rodamientos se aflojó y la protección contra sobrecarga no fue ajustada. El resultado fue la falla de la brida de la zona de alimentación del extrusor (Figura 19).

3.1. Lecciones aprendidas en el segundo lote

- a) La humedad de la mezcla es determinante para un correcto funcionamiento del equipo. El rango de operación puede variar según la mezcla. Una lección es determinar la humedad de los ingredientes previa a la realización de la mezcla y considerar la melaza diluida como el 100% de agua para evitar plastificar completamente la mezcla.
- b) Para operar la planta son requeridas dos personas únicamente. Si la carga de la mezcla es automatizada, se puede reducir a una sola persona.
- c) Capacidad obtenida en el segundo lote de 2.8 ton/día.

IV. Prueba de demostración para productores de Aldama, Tamaulipas

Dos productores, ex-empleados del INIFAP de Aldama, Tamaulipas, a través de la comunicación del Dr. Juan de Dios Garza Flores (primer colaborador del proyecto de la UAQ), solicitaron peletizar un subproducto conocido como harinolina. Este pellet será usado como suplemento en corrales de pradera. El producto peletizado ya fue evaluado en el 2005 en vacas lecheras (http://www.engormix.com/semilla_algodon_extrusionada_-_s_articulos_437_GDL.htm) y por referencias de los productores fue validado en novillos en praderas de Tamaulipas. Este es un producto de importación de Estados Unidos (<http://espanol.cottonseed.com/publications/productos.asp>) y también se encuentra un proveedor de China (http://huaaogroup.en.alibaba.com/product/50017157/50349823/Cotton_Seed_Hull_Pellet.html). Es un suplemento útil en época de sequía, porque se adiciona en dosis del orden del 5 al 10% (implica mínima inversión con respecto a un alimento integral) y en forma peletizada, para que el ganado pueda recogerlo y consumirlo. El uso de este producto es ventajoso, en varios aspectos: El ganado puede aprovechar la materia seca disponible de la pradera, la inversión es mínima con respecto a un alimento integral y es muy práctico para manejarse y comercializarse.

Los productores trajeron a Ciateq-BQ, una muestra de 2 costales (80 kg) de harinolina para realizar pruebas de comportamiento del extrusor y se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Potencia consumida en el extrusor (Máximo observado 25 hp)
- b) Producción medida en 1 hora: 750 kg/h
- c) Durabilidad del pellet (No fue medida). La prueba de evaluación fue sencilla al dejar caer el producto en el cemento, si no se desintegra, entonces resiste la caída del pellet en la pradera. Los productores consideran una durabilidad adecuada.
- d) Por la consistencia del material se percibe bajo desgaste del husillo
- e) No se requiere mezclador, ni triturado de materias primas.
- f) No se requiere precalentamiento en el extrusor (Figura 18)



Figura 18. Pruebas de producción del suplemento elaborado a base de harinolina

Se ha solicitado peletizar una tonelada de material. El planteamiento de los productores es: *Requerimos la compra, renta o maquila de la maquinaria.*

V. Producción del Tercer lote

Productor: Ing. Gabriel Lecumberri Pando

Rancho: La necesidad. El Marqués. Querétaro

Dieta usada para ganado de lidia:

Ingredientes:

40 % Alfalfa

40 % Rastrojo de maíz

20% de premezcla

Cantidad requerida 12 Toneladas

Condiciones de humedad:

- Humedad de la alfalfa: 12 % , base húmeda (b.h.)

- Humedad del rastrojo: 8 %

- Humedad de la premezcla: 9%

La materia prima recibida:

200 pacas de rastrojo de rastrojo de maíz

150 pacas de alfalfa

50 pacas de avena

20 costales de premezcla

Tabla 6. Respuesta productiva de becerros Holstein consumiendo raciones a base de maíz y de desechos industriales de cereales extrudidas

Parámetro	Dieta control	Dieta experimental
Peso inicial, kg	188.4 ± 40	193.5 ± 55
Peso final, kg	277.4 ± 56	287.4 ± 62
Ganancia total de peso, kg	89.5 ± 19	93.8 ± 15
Ganancia diaria de peso, kg	1.494 ± 0.3	1.564 ± 0.2
Consumo de MS, kg/d	6.8 ± 1.5	6.9 ± 1.3
Conversión alimenticia, kg	4.55 ± 0.3	4.47 ± 0.6
Costo por kg de alimento, \$	4.34	3.89
Costo promedio por kg aumentado ¹ , \$	19.72	17.37

¹ Costo del kg de alimento multiplicado por la conversión alimenticia. El precio incluye el costo del extrudido

El costo de la alimentación constituye el 80% de los costos de producción, por lo tanto en el caso de la dieta a base maíz, el costo de producción de un kilogramo de carne es (19.72/0.8= 24.65). El costo en el mercado de la carne de bovino en pie es de 22 pesos y sus incrementos en los últimos tres años no llegan al 5% (Figura 18), mientras que los aumentos de los insumos han subido en el orden del 150% (Tabla 1). Nuestra tecnología no puede absorber incrementos tan altos, pero ofrecemos las ventajas enunciadas por proceso (ver la introducción), pero además menores costos asociados a los ingredientes. Por esta razón, es muy conveniente producir pellets donde existan mayores márgenes de utilidad tal como lo suplementos que tienen un efecto multiplicador o alimentos especiales como los toros de lidia. Si la carne que se produce fuera orgánica, su precio puede ser 70 % mayor y nuestro producto facilita el proceso de certificación de los productos orgánicos como la leche y la carne.

d) Validación de la operación de los equipos

Indicadores verificables	Valores obtenidos en el proyecto
- Tiempo de operación	<u>Lote 1</u> : 35 horas de operación Tiempo de operación efectiva 25 más 10 por ajustes <u>Lote 2</u> : 30 horas de operación 15 de producción y 15 de ajustes de alimentador <u>Lote 3</u> : 27.5 horas efectivas de operación <u>Lote 4</u> : 8 horas Total: 100.5 horas
- Capacidad real obtenida	<u>Lote 1</u> : 1.9 ton/día (400 kg/h) <u>Lote 2</u> : 2.8 ton/día (750 kg/h) <u>Lote 3</u> : 800 kg/día (400 kg/h) <u>Lote 4</u> : (950 kg/h)
- Eficiencia de planta	<u>Lote 1</u> : $(1900/5) / (400) = 95 \%$ <u>Lote 2</u> : $(2800/5) / (660) = 84.8 \%$ <u>Lote 3</u> : $(800/5) / (400) = 40\%$ -- causa: cambio de ubicación, falta de ingredientes, lluvia, falla de motor de alimentador--
- Costos de producción	Accionamiento eléctrico: 681 \$/ton Accionamiento con motor diesel: 351 \$/ton
- Cantidad de alimento producido	<u>Lote 1</u> : 3 + 9= 12 ton <u>Lote 2</u> : 4.5 ton <u>Lote 3</u> : 12.99 ton <u>Lote 4</u> : 2 ton Total producido: 31.49 ton más la producción de las pruebas de factibilidad en las dietas.
- Registros de desgaste	- Durabilidad del acero 4140 R y electrodo E12018 = 12 toneladas representadas por el <u>Lote 1</u> - Durabilidad del acero 4140 R y electrodo de Carburo de Tungsteno cubierto con UTP Ledurit = <u>Lote 2, 3 y 4</u> = 4.5 + 12.99 + 2 = 19.49 toneladas y operando
- Fallas o modificaciones	Las fallas están documentadas en el cuerpo del presente reporte. La introducción accidental de la pieza de acero estructural, constituye una prueba extrema fuera de la operación normal del equipo e implica una resistencia mecánica adecuada para un par obtenido en 50 hp, más el par de inercia del motor eléctrico, del reductor y del juego de catarinas.

e) Otorgamiento de propiedad intelectual

La patente del extrusor está disponible en las bases de datos del IMPI o incluso en las bases de datos de espacenet (**MXPA02009998**). Después de 5 años de trámite, la patente del extrusor fue liberada (figura 24).

VII. Conclusiones: Paquete tecnológico, mecanismos de transferencia, trabajo futuro

a) El paquete tecnológico explícito de los dos productos de alimento balanceado peletizado para ganado bovino de carne se muestra en el anexo 3. Se observa rentable con un precio de venta del producto de 3.5 pesos/kg, pero con los resultados de la Dra. Bernal, se observa 3.89, es decir no existe margen de utilidad. Si el precio de venta es incrementado, el ganadero no podrá obtener ganancia con ese monto, por los precios de la carne bajos y con la conversión alimenticia obtenida.

ALIMENTO BALANCEADO PARA GANADO BOVINO / UTILIZANDO ELECTRICIDAD	
	EFICIENCIA DEL EQUIPO
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NOMINAL KG/HORA	750
	CONDICIONES DE PRODUCCION DEL EQUIPO
HORAS DE PRODUCCIÓN / DIA	8
DIAS DE PRODUCCIÓN / MES	22
PRODUCCION KG / HORA (70% CAPAC)	525
PRECIO \$/KG ALIMENTO GANADO BOVINO	3.50
COSTO \$/KG ALIMENTO GANADO BOVINO	2.89
PRODUCCION KG/DIA	4,200
PRODUCCION KG/MES	92,400
PRECIO DE VENTA iva incluido (LAB Ciateq, Ciudad de Querétaro, Qro. México)	\$ 349,631
VALOR PRODUCCION MENSUAL	\$ 323,400
COSTO DE PRODUCCIÓN MENSUAL	\$ 266,930
MARGEN DE UTILIDAD MENSUAL	\$ 56,470
MARGEN DE UTILIDAD ANUAL	\$ 677,636
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (días)	188

COSTO TOTAL DEL ALIMENTO BALANCEADO POR TONELADA	
Costo total de ingredientes	\$ 2,323
Costo total electricidad proceso producción	\$ 465
Costo total diesel	\$ -
Costo total sueldos y salarios	\$ 67
Depreciación	\$ 33
COSTO TOTAL DEL ALIMENTO BALANCEADO POR TONELADA	\$ 2,889

Los dos productos obtenidos dependen del precio de venta del alimento, lamentablemente bovinos de engorda se ve con pocas posibilidades por el análisis realizado de precios. Si existen interesados en la producción de **carne y leche orgánica**, los precios de venta del producto son mayores que el 75 % arriba de los productos no orgánicos. Esta posibilidad es aplicable para ovinos, caprinos y conejos.

b) El segundo paquete tecnológico que es el **alimento peletizado para toros de lidia**, es de mucho interés, considerando el precio de venta de 3.0 pesos/kg es bastante

atractivo. Los precios de los insumos fueron obtenidos desde los datos proporcionados por el ganadero.

ALIMENTO BALANCEADO PARA GANADO BOVINO / UTILIZANDO ELECTRICIDAD	
	EFICIENCIA DEL EQUIPO
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NOMINAL KG/HORA	543
	CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DEL EQUIPO
HORAS DE PRODUCCIÓN / DÍA	8
DIAS DE PRODUCCIÓN / MES	22
PRODUCCIÓN KG / HORA (70% CAPAC)	380
PRECIO \$/KG ALIMENTO GANADO BOVINO	3.00
COSTO \$/KG ALIMENTO GANADO BOVINO	2.05
PRODUCCIÓN KG/DÍA	3,041
PRODUCCIÓN KG/MES	66,898
PRECIO DE VENTA iva incluido (LAB Ciateq, Ciudad de Querétaro, Qro. México)	\$ 349,631
VALOR PRODUCCIÓN MENSUAL	\$ 200,693
COSTO DE PRODUCCIÓN MENSUAL	\$ 137,378
MARGEN DE UTILIDAD MENSUAL	\$ 63,315
MARGEN DE UTILIDAD ANUAL	\$ 759,778
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (días)	168

COSTO TOTAL DEL ALIMENTO BALANCEADO POR TONELADA	
Costo total de ingredientes	\$ 1,488
Costo total electricidad proceso producción	\$ 465
Costo total diesel	\$ -
Costo total sueldos y salarios	\$ 67
Depreciación	\$ 33
COSTO TOTAL DEL ALIMENTO BALANCEADO POR TONELADA	\$ 2,054

* Valores probables y sujetos a variación de acuerdo a los ingredientes del alimento balanceado a producir y por los precios prevalecientes en el mercado. Unidades monetarias en pesos mexicanos.

c) El **suplemento** a base de harinolina es un tercer producto que se percibe con mucho potencial en periodo de sequía, para las zonas donde la materia prima es producida. Si realmente aplica la idea de que la harinolina es una fuente principal de proteína, entonces puede aplicarse el fabricar un suplemento desde pasta de soya, pollinaza en mezclas incluso con alfalfa y melaza para manejar este producto en periodo de sequía.

En el anexo 4 se muestra el valor de la tecnología, así como algunas opciones para iniciar la explotación comercial. Los mecanismos de transferencia tecnológica están siendo desarrollados en CIATEQ y las bases para los Centros Públicos de Investigación se encuentran en la Ley de Ciencia y Tecnología. A través del decreto del Poder Ejecutivo publicado el 21 de agosto del 2006 en el DOF, Artículo 51 se observan los lineamientos para EBT: Los centros públicos de investigación, particularmente los orientados a la modernización, innovación y desarrollo tecnológico, promoverán la conformación de asociaciones estratégicas, alianzas tecnológicas, consorcios o nuevas empresas privadas de base tecnológica, en las cuales se procurará la incorporación de investigadores

1.4 Utilización de raciones altas en forrajes toscos extrudidas sobre el comportamiento productivo de rumiantes



UTILIZACIÓN DE RACIONES ALTAS EN FORRAJES TOSCOS EXTRUDIDAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE RUMIANTES

Guadalupe Bernal^a, A. García^a, E. Moreno^a, J. Trujillo^a, G. Muñoz^b

^aLicenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Querétaro. Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, Delegación Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, Qro. 76230. México. dalia@uaq.mx

^bCentro de Tecnología Avanzada, A.C. Av. Manantiales No. 23-A, Parque Industrial Bernardo Quintana, Querétaro, Qro., 76246. México. guimuh@ciateq.mx

RESUMEN

Se evaluó el consumo de materia seca (MS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA), de bovinos, ovinos y conejos alimentados con raciones extrudidas experimentalmente. Los tratamientos fueron: 1) ración molida y 2) ración extrudida. **Bovinos:** se emplearon 12 toretes, con un peso inicial promedio de 230±13.8 kg, distribuidos al azar entre los tratamientos, alimentados durante 74 días a base de rastrojo de maíz, alfalfa, soya, melaza y premezcla mineral, resultando superiores el peso final y la GDP ($P < .001$) de los toretes consumiendo la ración extrudida. **Ovinos:** se emplearon 24 borregos de la raza Blackbelly, 12 machos y 12 hembras, alimentados Su ración fue a base de rastrojo de maíz, maíz molido, pasta de soya y premezcla mineral; la prueba duró 90 días, no encontrándose diferencias en ninguna de las variables de respuesta ($P > .1$). **Conejos:** se emplearon 40 gazapos de raza tipo comercial, con predominancia de Nueva Zelanda, distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar. La ración fue a base de heno de alfalfa molido, salvado de trigo, maíz molido y melaza. No se encontraron diferencias estadísticas ($P > .1$) entre tratamientos, Estos resultados demuestran que el proceso de extrusión evaluado no tiene efectos negativos sobre el valor nutritivo de raciones altas en forrajes toscos.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de alimentar al ganado durante épocas de estiaje o escasez de materias primas para las raciones, promueve la utilización de residuos agrícolas que generalmente son producidos en sitios distantes a donde se consumirán. Debido a su voluminosidad, el manejo, transporte y almacenamiento de estos esquilmos se dificulta. Una alternativa es la de disminuir su volumen mediante un proceso de densificación, peletizado o extrusión. Este proceso se puede lograr mediante un extrusor de manufactura local que emplea presión y calor, reduciendo el volumen de mezclas de forrajes toscos en casi una octava parte. El extrusor experimental diseñado por el Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ) que se empleó en este estudio es sencillo y de bajo costo comparado con extrusores comerciales que existen en el mercado y que son de importación. El objetivo del estudio fue evaluar si el proceso de extrusión afectó la calidad nutritiva de raciones conteniendo altas concentraciones de forrajes toscos y el comportamiento productivo de rumiantes en diferentes etapas de crecimiento así como el aprovechamiento de los nutrimentos a través del sistema digestivo.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron tres pruebas de comportamiento: una con bovinos productores de carne, una con ovinos en crecimiento y una con conejos. También se realizó una prueba de digestibilidad *in vivo* con ovinos. Las pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Amazcala, en el Municipio de El Marqués, Querétaro. Las raciones experimentales fueron elaboradas también en el Campus Amazcala y posteriormente transportadas al CIATEQ donde fueron extrudidas.

Todos los animales experimentales fueron desparasitados contra parásitos internos y vacunados al inicio de cada una de las pruebas. En todas las pruebas de comportamiento las variables de respuesta evaluadas fueron: ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Con los bovinos y los conejos, además se evaluó el rendimiento en canal. Todos los resultados fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el paquete estadístico de SAS (1998) empleando el modelo estadístico correspondiente a cada uno de los diseños experimentales indicados en cada prueba (Cochran y Cox, 1990).

Prueba de comportamiento con bovinos productores de carne

Se emplearon 12 toretes de raza indefinida de cruza comerciales con razas predominantemente europeas, con un peso inicial promedio de 230 ± 16 kg, distribuidos conforme a un diseño completamente al azar entre los dos tratamientos que se evaluaron: 1) alimento molido (control); 2) alimento extrudido. Los animales se pesaron individualmente al inicio y al final de la prueba (64 días). La composición de las raciones experimentales, se presenta en el Cuadro 1, teniendo un

Cuadro 1. Composición porcentual y química de las raciones experimentales para bovinos en mantenimiento (% en base seca)

Ingrediente	Alimento molido	Alimento extrudido
Rastrojo de maíz	61	61
Heno de alfalfa	15	15
Pasta de soya	6	6
Melaza	10	10
Núcleo mineral	8	8
Total	100	100
Análisis químico ¹		
Materia seca	93.7	92.7
Proteína cruda	12.7	13.1
Fibra detergente neutro	50.4	46.6
Fibra detergente ácido	17.7	21.0
Costo por kg, \$	1.30	1.572

¹ Materia seca y proteína cruda (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Robertson y Van Soest, 1981)

Prueba de comportamiento con ovinos

Se emplearon 24 ovinos de la raza Blackbelly, 12 hembras y 12 machos, recién destetados, con un peso promedio inicial para las hembras de 16.9 kg y para los machos de 18.7 kg, alojados por pares en 12 corraletas techadas y distribuidos entre los dos tratamientos a evaluar: 1) alimento molido (control); 2) alimento extrudido, de acuerdo a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, siendo los factores sexo (hembra y macho) y forma física del alimento (molido vs. extrudido). La composición de la ración se presenta en el Cuadro 2. La prueba tuvo una duración de 90 días.

Prueba de digestibilidad *in vivo* con ovinos

Se realizó una prueba de digestibilidad *in vivo* por el método de colección total, evaluando los mismos tratamientos que en la prueba de comportamiento: 1) ración molida vs. 2) ración extrudida (Cuadro 2).

Se emplearon 6 ovinos machos adultos, fistulados del rumen, con un peso promedio de 31 kilos, alojados individualmente en jaulas metabólicas, asignándose los tratamientos de acuerdo a un diseño cruzado, con dos períodos, con tres repeticiones en cada período. Cada periodo tuvo una duración de 21 días: 14 de adaptación a las jaulas metabólicas y a la ración y los últimos 7 días para la colección. A las muestras de heces, así como las del alimento ofrecido y rechazado, se les determinó su contenido de materia seca (AOAC, 1990), FDN y FDA (Robertson y Van Soest, 1981). Las variables de respuesta que se evaluaron fueron consumo materia seca, digestibilidad aparente de la materia seca, digestibilidad verdadera de la FDN y de la FDA. Los resultados fueron analizados de acuerdo a un diseño cruzado con dos períodos (Cochran y Cox, 1990).

Cuadro 2. Composición porcentual y química de las raciones experimentales para ovinos en crecimiento (% en base seca).

Ingrediente	Alimento molido	Alimento extrudido
Maíz molido	55	55
Rastrojo de maíz	28	28
Pasta de soya	15	15
Premezcla mineral	2	2
Total	100	100
Análisis químico ¹		
Materia seca	94.6	94.9
Proteína cruda	13.0	18.6
Fibra detergente neutro	26.5	26.1
Fibra detergente ácido	13.5	21.3
Costo por kg, \$	1.71	1.98

¹Materia seca y proteína cruda (AOAC, 1990), FDN y FDA (Robertson y Van Soest, 1981).

Prueba de comportamiento con conejos

Se emplearon 40 gazapos de raza cruzada, con predominancia de la raza Nueva Zelanda, con un peso promedio inicial para las hembras de 1.35 kg y para los machos de 1.48 kg, alojados por pares del mismo sexo en 20 jaulas de alambre, con bebederos automáticos y comederos de tolva. Los animales fueron distribuidos entre los dos tratamientos: 1) alimento comercial (control) y 2) alimento experimental extrudido, de acuerdo a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, siendo los factores sexo (hembra y macho) y dos tipos de alimento (comercial vs. experimental extrudido). La composición de los alimentos se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición porcentual y química de las raciones experimentales para conejos en crecimiento (% en base seca).

Ingrediente	Alimento comercial (control) ¹	Alimento experimental extrudido
Heno de alfalfa molido		40
Salvado de trigo		37
Maíz molido		18
Melaza		5
Total	100	100
Análisis químico ² ---%---		
Materia seca	94.7	94.8
Proteína cruda	17.3	15.1
Fibra detergente neutro	27.4	25.9
Fibra detergente ácido	15.0	13.0
Costo por kg, \$	3.23	1.71

¹ Se desconoce la composición porcentual. ² Materia seca y proteína cruda (AOAC, 1990), FDN y FDA (Robertson y Van Soest, 1981).

Al inicio del experimento los animales se pesaron y posteriormente cada semana durante los 35 días que duró el experimento. Al finalizar el período experimental, los animales se pesaron y fueron sacrificados por desnucamiento a nivel de la articulación atlanto-occipital, seguido por degüello, remoción de la piel,

eviscerado y corte de los miembros pélvicos y torácicos. El peso de la canal incluyó al hígado, riñones y cabeza.

3. RESULTADOS

Prueba de comportamiento con bovinos productores de carne

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de esta prueba, donde se puede apreciar que los animales consumiendo el alimento extrudido tuvieron un mejor comportamiento productivo ($P < 0.01$) que los animales consumiendo el mismo alimento pero molido. La ganancia diaria de peso de los animales del grupo control fue de 0.838 kg/d mientras que la de los animales consumiendo el alimento extrudido fue de 1.495 kg/d. El consumo de materia seca fue mayor en los animales consumiendo el alimento molido que el extrudido (6.67 kg vs. 8.75 kg) pero la conversión alimenticia (kg de alimento por cada kg de peso aumentado) fue mejor para los animales con el alimento extrudido (5.9 kg) que con el alimento molido (8.18 kg).

Cuadro 4. Respuesta productiva de bovinos productores de carne consumiendo una misma ración con diferente forma física.

Parámetro	Alimento molido	Alimento extrudido
Peso inicial, kg	235.48 ^a ± 15.8	224.45 ^b ± 15.1
Peso final, kg	289.08 ^a ± 20.2	320.10 ^b ± 18.4
Ganancia diaria de peso, kg/d	0.838 ^a ± 0.151	1.495 ^b ± 0.163
Consumo de MS, kg/d	6.67 ^a ± 0.411	8.75 ^b ± 0.318
Conversión alimenticia	8.18 ^a ± 1.477	5.9 ^b ± 0.586
Costo promedio por kg aumentado ¹ , \$	10.62	9.29

^{a,b} Medias (± desviación estándar) con distinta literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.001$)

¹ Costo del kg de alimento multiplicado por la conversión alimenticia

Prueba de comportamiento con Ovinos

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de esta prueba, donde se aprecia que no hubo una interacción significativa ($P < 0.1$) entre forma física del alimento y el sexo. Con respecto a la forma física del alimento no se observaron diferencias entre tratamientos para ninguna de las variables de respuesta evaluadas ($P > 0.1$). Con respecto al factor sexo, sí se encontró diferencia significativa para todas las variables de respuesta, siendo todos los parámetros superiores para los machos que para las hembras.

Cuadro 5. Respuesta productiva de ovinos hembras y machos a una ración alta en forraje con diferente forma física.

Parámetro	Hembras ^a		Machos ^b	
	Molido	Extrudido	Molido	Extrudido
Peso inicial, kg	16.2 ± 2.3	17.6 ± 3.3	18.3 ± 4.5	19.1 ± 4.3
Peso final, kg	26.1 ± 2.0	30.7 ± 5.0	34.2 ± 5.0	35.4 ± 7.4
Ganancia diaria de peso, kg/d	0.107 ± .03	0.142 ± .02	0.173 ± .03	0.174 ± .05
Consumo de MS, kg/d	0.938 ± .06	0.994 ± .05	0.994 ± .32	0.961 ± .03
Conversión alimenticia	9.3 ± 2.7	7.2 ± 1.4	6.0 ± 2.9	6.0 ± 1.9
Costo promedio por kg aumentado ¹ , \$	15.98	14.21	10.28	11.85

^{a,b} Medias (± desviación estándar) con distinta literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.001$) entre sexos. No hubieron diferencias entre tratamientos ($P > 0.1$)

¹ Costo del kg de alimento multiplicado por la conversión alimenticia

Independientemente del efecto del sexo, el promedio de ganancia diaria de peso de los animales consumiendo el alimento molido fue de 17.3 kg (± 3.6 kg) y el de los animales consumiendo el alimento extrudido fue de 18.3 kg (± 3.8 kg); el consumo de materia seca del alimento molido fue de 0.965 kg (± .224 kg) y del alimento extrudido de 0.978 kg (± 0.04 kg). La conversión alimenticia fue de 7.67 (± 3.2) y de 6.6 (± 1.7), respectivamente para el grupo consumiendo el alimento molido y el extrudido.

Prueba de digestibilidad *in vivo* con ovinos

Al final del primer periodo experimental, dos animales, uno de cada tratamiento, se enfermaron y fueron retirados de la prueba. Por lo tanto fue necesario realizar el análisis estadístico con menos animales en el segundo período. Los resultados se presentan el Cuadro 6, donde se puede apreciar que la digestibilidad de los nutrimentos no fue diferente con el alimento molido y el extrudido.

Cuadro 6. Digestibilidad *in vivo* de los nutrimentos de una ración para ovinos alta en forraje con diferente forma física.

Parámetro ¹	Alimento molido	Alimento extrudido
Peso inicial ^a , kg	29.5 ± 4.3	34.2 ± 2.6
Peso final ^a , kg	22.9 ± 2.5	34.7 ± 3.2
Cambio de peso ^a , kg/d	- 6.6 ± 6.8	0.4 ± 1.9
Consumo de MS ^b , kg/d	0.777 ± .09	.550 ± .09
Coefficiente de digestibilidad ^b , %		
Materia seca (aparente)	75.9 ± 4.0	80.3 ± 4.0
Fibra detergente neutro	58.3 ± 5.1	60.2 ± 5.1
Fibra detergente ácido	32.5 ± 8.5	72.5 ± 8.5

¹ No se detectaron diferencias entre tratamientos (P>.1) ^a Medias (± desviación estándar);

^b Medias (± error estándar de la media)

Esta prueba se diseñó originalmente con 8 animales, cuatro por tratamiento, con un diseño cruzado, con lo cual se tendrían un total de 8 repeticiones por tratamiento. Sin embargo al colocar las cánulas ruminales en los animales, dos de ellos no volvieron a tener consumos regulares por lo que no se incluyeron en la prueba de digestibilidad. Los seis restantes empezaron bien durante el primer período, pero al iniciar el segundo periodo dos se enfermaron y fueron retirados de la prueba. Esto dio como resultado tener un número muy reducido de animales lo que no permitió detectar diferencias estadísticas.

Prueba de comportamiento con conejos

No se encontraron diferencias estadísticas en ninguna de las variables evaluadas, a excepción del rendimiento en canal (P<.07), siendo mejores en los animales consumiendo el alimento experimental. Este mayor rendimiento, aunado al bajo costo por kilogramo de la ración (\$1.71 vs. \$3.32, experimental vs. comercial, respectivamente) resulta en un costo promedio por kilogramo aumentado menor en los animales consumiendo el alimento experimental. En el Cuadro 7 se presentan estos resultados.

Cuadro 7. Respuesta productiva de conejos hembras y machos a una ración comercial y a otra experimental extrudida.

Parámetro	Hembras		Machos	
	Comercial	Experimental	Comercial	Experimental
Peso inicial, kg	1.36 ± .2	1.34 ± .2	1.46 ± .1	1.49 ± .2
Peso final, kg	2.43 ± .3	2.20 ± .3	2.38 ± .3	2.36 ± .2
Ganancia diaria de peso, kg/d	0.031±.01	0.024 ± .01	.025 ± .01	0.026 ± .01
Consumo de MS, kg/d	0.122 ±.01	0.122 ± .01	0.118 ± .01	0.114 ± .02
Conversión alimenticia	4.17 ± .76	5.52 ±2.0	5.09 ± 1.9	5.12 ± 2.1
Rendimiento en canal, %	64.7 ^b ± 1.5	68.8 ^a ± 3.3	65.6 ^b ± 3.6	67.7 ^a ± 2.7
Costo por kg aumentado ¹ , \$	16.44	9.44	16.44	8.76

^{a,b} Medias (± desviación estándar) con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.07) entre tratamientos. No hubo diferencias entre sexos (P>.1)

¹ Costo del kg de alimento multiplicado por la conversión alimenticia

4. CONCLUSIONES

Con base a los resultados de las pruebas realizadas, se puede concluir que la extrusión de las raciones evaluadas, procesadas con el extrusor experimental diseñado por el CIATEQ, no tiene ninguna influencia negativa sobre la calidad nutritiva de los ingredientes empleados, pero si ofrece algunos beneficios adicionales, tales como:

1. Reducir el volumen de los ingredientes toscos en una tercera parte;
2. Producir un alimento integral a base de forrajes toscos que puede ser transportado fácilmente o almacenado en menor espacio;
3. Evitar la posibilidad de que los animales seleccionen el alimento;
4. Disminuir el desperdicio del alimento;
5. Permitir que el rumiante reciba una mayor concentración de nutrimentos totales.

El costo por concepto de la extrusión no es alto, por lo que es posible balancear raciones de menor costo por concepto de ingredientes y extrudirlas para poder ofrecerlas al ganado, reduciéndose el costo menor por kilogramo producido.

1.5 Utilización de forrajes toscos en la reproducción de conejas reproductoras



UTILIZACIÓN DE FORRAJES TOSCOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJAS REPRODUCTORAS

INFORME FINAL

Ma. Guadalupe Bernal Santos
Araceli Aguilera Barreyro
Ma. De Jesús Guerrero Carrillo
Tércia C. Reis de Souza
Licenciatura en Medicina Veterinaria
y Zootecnia

Octubre 2007.

UTILIZACIÓN DE FORRAJES TOSCOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJAS REPRODUCTORAS

El estudio tuvo por objeto, evaluar una ración a base de esquilmos agrícolas para conejas reproductoras que pudiera ser eficiente en términos de las características reproductivas de la coneja, así como del número y el peso de los gazapos al destete. Asimismo se evaluó el impacto de esta ración sobre el funcionamiento enzimático del aparato digestivo de las conejas y de sus gazapos.

METODOLOGÍA GENERAL

El estudio consistió en dos pruebas de comportamiento (una bajo condiciones de campo y otra bajo condiciones controladas) y en una prueba de actividad enzimática del aparato digestivo de las conejas reproductoras.

En todas las pruebas, los tratamientos que se evaluaron fueron: 1) alimento comercial (control) y 2) alimento experimental extrudido (Amazcala). La composición de la ración experimental se presenta en el Cuadro 1, a la cual se le adicionó un coccidiostato y fue balanceada para cubrir los requerimientos nutricionales de las conejas conforme al NRC (1977). El alimento Amazcala fue extrudido con el equipo diseñado por el Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ, A.C.).

Cuadro 1. Composición porcentual y química de las raciones experimentales ofrecidas a conejas reproductoras (en base seca).

Ingrediente (%)	Tipo de alimento	
	Control	Amazcala
Heno de alfalfa molido	--	40
Salvado de trigo	--	37
Maíz molido	--	18
Melaza	--	5
Total	100	100
Composición química, %		
Materia seca ¹	93.7 ± 0.20	95.4 ± 2.57
Proteína cruda ¹	19.1 ± 0.15	16.2 ± 0.37
Fibra detergente neutro ²	36.0 ± 0.56	34.2 ± 0.62
Fibra detergente ácido ²	5.3 ± 0.15	3.5 ± 0.18

¹ AOAC (1990)

² Robertson and Van Soest (1981)

Prueba de comportamiento bajo condiciones controladas

Se llevó a cabo en las instalaciones del Campus Amazcala de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se utilizaron 20 conejas hembras y cuatro machos puros de raza Nueva Zelanda, provenientes del Centro Nacional de Cunicultura, ubicado en Irapuato, Guanajuato, las cuales fueron alojadas en jaulas individuales de alambre cada una con su nido, comedero y bebedero individuales. El trabajo tuvo una duración de seis meses, habiéndose evaluado dos ciclos reproductivos en cada una de las conejas, utilizándose un diseño por bloques al azar. Las conejas se pesaron al inicio del experimento y posteriormente al final del primer ciclo. Diariamente se pesó el alimento ofrecido y el rechazado, permitiéndose un 10% de rechazo. Las hembras se presentaron al macho para monta natural y se alimentaron durante los 31 días de gestación. Posterior al parto, las conejas se mantuvieron amamantando a sus gazapos durante 30 días, tiempo en el cual se midió el consumo de alimento. Al destete las hembras se presentaron nuevamente al macho y se inició el segundo ciclo productivo.



Las variables de respuesta que se evaluaron fueron: ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, número de gazapos nacidos y destetados, peso de los gazapos al nacimiento y al destete. Los resultados fueron analizados conforme al modelo para un diseño por bloques al azar, incluyendo el peso inicial de las hembras como covariable. Se utilizaron los procedimientos GLM y LSMEANS del paquete estadístico SAS (1998).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en los dos ciclos reproductivos, donde se puede apreciar que el peso final de las hembras no fue diferente entre tratamientos ($P=0.37$), siendo el promedio para el grupo control de 3.69 kg y para el grupo recibiendo el alimento Amazcala de 3.50 kg. Los consumos de materia seca, tanto durante la gestación como durante la lactancia, fueron similares entre tratamientos ($P=0.11$), siendo mayor el consumo en los animales del grupo control (15.88 kg en el control vs. 14.47 kg en el Amazcala).

Cuadro 2. Productividad de conejas reproductoras alimentadas con un alimento comercial y uno experimental, bajo condiciones controladas – Amazcala, Gro.

Parámetro	TRATAMIENTOS		EEM	P
	Control	Amazcala		
Peso inicial, kg ¹	3.25 ± .19	3.13 ± .23		
Peso final, kg	3.69	3.50	.087	0.37
Ganancia diaria de peso de las madres, g ²	13.6	8.30	.003	0.37
Consumo de las madres durante gestación, kg/d	6.2	5.3	.31	0.11
Consumo total MS gestación+lactancia, kg	15.88	14.47	.40	0.11
Número gazapos nacidos	7.5	6.1	.43	0.13
Peso camada al nacimiento, g	434.8	373.8	25.3	0.25
Peso gazapo promedio al nacer, g	59.8	66.1	3.2	0.33
Número gazapos destetados	5.9 ^a	2.6 ^b	.51	0.001
Peso promedio gazapo destetado, g	786.6	761.3	.003	0.33
Peso total gazapos destetados, kg	4.41	2.02	.025	0.25
Costo por kilogramo de alimento, \$	3.675	1.90		
Costo por gazapo nacido, \$	3.43 ^a	2.28 ^b	.30	0.05
Costo por gazapo lactante, \$	7.29	9.15	.89	0.34
Costo por gazapo de gestación al destete, \$	11.78	15.00	1.55	0.33

¹ Media ± Desviación Estándar

² No se calculó la conversión alimenticia relativa al cambio de peso de las madres por no disponer de peso final de la gestación ni de la lactancia.

^{a,b} Valores con distinta literal son estadísticamente diferentes. EEM = Error Estándar; P = Probabilidad

Durante la lactancia no fue posible medir el consumo de alimento exclusivamente de las madres porque los gazapos también podían consumirlo además de que se metían en el comedero y lo desperdiciaban. Estos desperdicios no pudieron evitarse ni tampoco medirse.



Tampoco se encontró diferencia entre tratamientos en cuanto al número de gazapos nacidos, el peso de la camada, ni el peso promedio del gazapo al nacer ($P > 0.1$), pero si fue mayor el número de gazapos destetados en las madres consumiendo el alimento control (5.9) que en las que consumieron el alimento experimental (2.6) ($P < 0.001$). Estos valores son similares a los presentados por

Las variables de respuesta que se evaluaron en esta prueba fueron: peso final, ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia, peso de la canal y rendimiento en canal. Los resultados se sometieron a un análisis por bloques al azar (definiendo el bloque el inicio de cada engorda) incluyendo en el modelo al peso inicial de los animales como covariable, así como el sexo de los animales.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de esta prueba, donde se aprecia que los animales consumiendo el alimento control tuvieron mejor peso final, ganancia diaria de peso, consumo de materia seca y conversión alimenticia que los

Cuadro 6. Respuesta productiva conejos engordados con un alimento comercial (control) y uno experimental (Amazcala).

Parámetro	TRATAMIENTOS	
	Control	Amazcala
Número de animales	48	9
Peso inicial, kg	0.732 ±0.235	0.697 ±0.127
Peso final, kg	2.649 ^a ± 0.261	2.46 ^b ±0.329
Ganancia diaria de peso, g	25.4 ^a ±4.38	19.6 ^b ± 4.09
Consumo diario de materia seca, g	116.9 ^a ± 25.5	155.1 ^b ± 14.0
Conversión alimenticia ¹	4.73 ^a ± 1.29	8.28 ^a ± 2.08
Peso de la canal, kg	1.44 ± 0.17	1.33 ± 0.21
Rendimiento en canal, %	54.3 ± 2.5	53.8 ± 2.6
Costo del alimento, pesos/kg	3.675	1.9
Costo por kilogramo de conejo en pie, \$	17.39 ^a ± 4.74	15.73 ^b ±3.95

^{a,b} Valores con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<.05)

¹ Kg. de alimento consumido por kg. de peso aumentado (90 días de engorda)

animales consumiendo el alimento experimental (P<0.05). Sin embargo, no se detectaron diferencias entre tratamientos en cuanto a peso de la canal ni de rendimiento en canal (P>0.1).

El costo por kg de conejo producido fue significativamente menor en el grupo consumiendo el alimento experimental \$17.39 vs \$15.73, lo cual demuestra un beneficio en engordar conejos del destete hasta el peso al sacrificio. Estos datos concuerdan con los presentados por García et al. (2005) quien también engordó animales con los mismos tipos de raciones pero con conejos de razas cruzadas bajo condiciones experimentales controladas.

CONCLUSIONES GENERALES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, se puede apreciar que el alimento experimental puede reemplazar al alimento comercial, sin detrimento para las hembras reproductoras ni para ninguno de los parámetros evaluados. Asimismo, se pudo apreciar que el tipo de alimento influyó el peso de

algunos de los órganos del aparato digestivo del conejo, pero que las raciones evaluadas no cambiaron la actividad de la tripsina.

El alimento experimental evaluado podrá emplearse en las conejas reproductoras y en gazapos en etapa de engorda, pero antes tendrán que optimizarse las condiciones de su extrudido para evitar desperdicios y mejorar los consumos voluntarios y reducir del costo por gazapo destetado por cada hembra.

OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO

Como parte de la contribución del proyecto a la formación de recursos humanos, durante todo el estudio estuvieron participando en el trabajo, tanto en el campo como en el laboratorio, alumnos de varios semestres de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Algunos de estos alumnos participaron como becarios del programa Verano de la Ciencia que se lleva a cabo cada año con el patrocinio de la Universidad Autónoma de Querétaro y el Concyteq, donde los alumnos que participaron (6) prepararon un cartel y lo sometieron a concurso. Se anexan copias de carteles presentados.

Asimismo, parte de los resultados del estudio ya fueron aceptados para ser presentados de manera oral en el XIII Congreso Bienal de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, del 23 al 26 de octubre de 2007, en la ciudad de Veracruz, Ver. Se anexan cartas de aceptación a dicho Congreso y copia de los resúmenes que serán presentados. En cuanto se tenga la memoria de este evento se les hará llegar una copia donde aparezcan los resúmenes impresos oficialmente.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC. Arlington, VA.
- Cochran, W. G. y Gertrude M. Cox. 1990. Diseños experimentales. Segunda edición en español. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México.
- Debray, L. 2003. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 135, 443-455.
- García, R.A, Moreno, R.E., Trujillo, C.J., Bernal, S.G., Muñoz, H.G. 2005. Influencia del proceso de extrusión de raciones altas en forrajes toscos sobre el comportamiento productivo de rumiantes. "XLI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Morelos 2005". Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 14-18 de noviembre de 2005. p. 237
- National Research Council. 1977. Nutrient Requirements of Rabbits. 2nd ed. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Reboud, J.P. Ben Abdeljil A. Desnuelle P. 1962. Variations de la teneur en enzymes du pancréas de rat en fonction de la composition des régimes. Biochim Biophys Acta 58: 326-7.

1.6 Implementación de una planta para producir alimento para rumiantes a partir de residuos agrícolas en el municipio de Huimilpan,

REPORTE INTERNO
CIA-INV/AGL-001/2-2002



Centro de Tecnología Avanzada

AREA DE INVESTIGACIÓN

Av. Manantiales 23-A,
Parque Industrial Bernardo Quintana
El Marqués, Qro. Mex.
Tel/Fax: +(442)1961500/2215243

**“IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA PARA PRODUCIR ALIMENTO
PARA RUMIANTES A PARTIR DE RESIDUOS AGRICOLAS EN EL
MUNICIPIO DE HUIMILPAN”**

REPORTE TÉCNICO DEL 2° SEMESTRE DEL 2002

Por: **Dr. Guillermo Muñoz Hernández**
M. en C. Joel Pozos Osorio

REVISÓ:

APROBÓ:


M. en I. Agustín Escamilla Martínez
COORDINADOR DEL PROGRAMA I

M. en I. Fernando Baquero Herrera
DIRECTOR DEL AREA

DICIEMBRE, 2002



RSC-144



09067



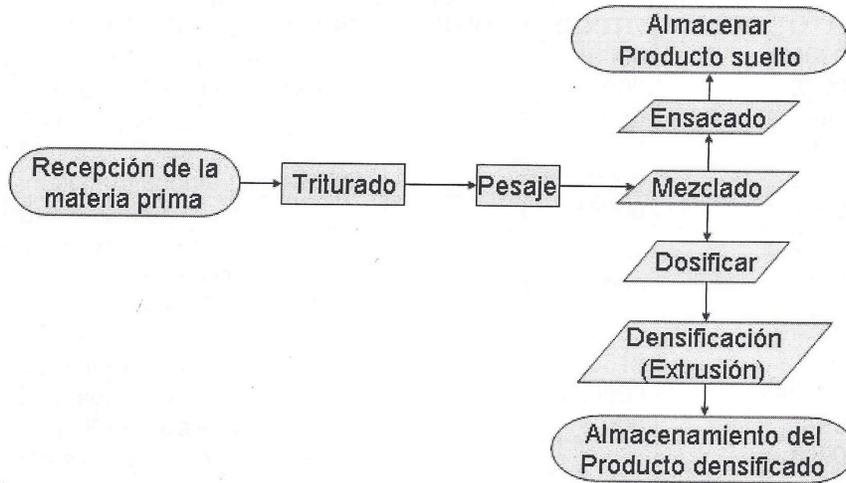


Figura 1. Diagrama de bloques de la planta propuesta para elaborar alimentos a base de residuos agrícolas y agroindustriales

En la figura 2, se observa el esquema general de la planta propuesta y la disposición del equipamiento mencionado en la tabla 1. El costo del equipo cotizado con diferentes proveedores se encuentra en el anexo 1.

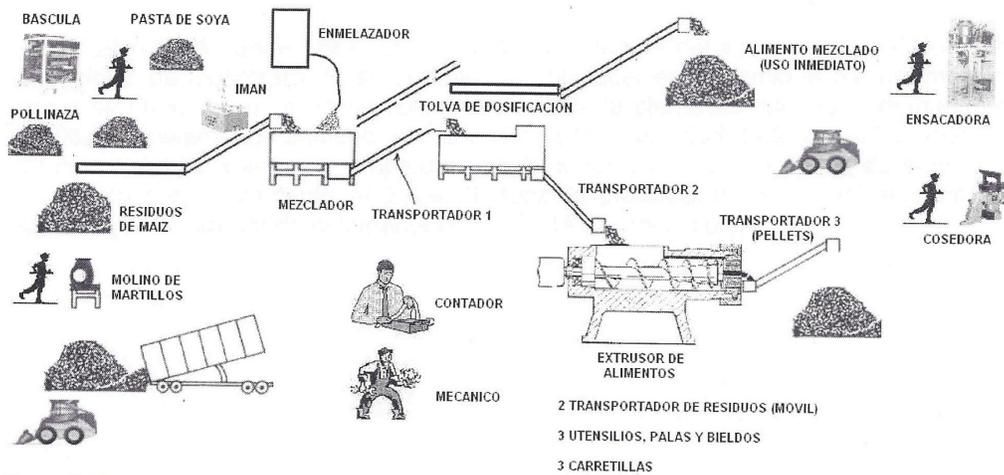


Figura 2. Esquema general de la planta propuesta para elaborar alimentos a base de residuos agrícolas y agroindustriales

Tabla 1. Equipamiento necesario a ser adquirido en el primer año.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
Minicargador (bobcat)	1	240000	240000
Molino de martillos (22 hp)	1	25000	25000
Báscula para 50 Kg.	1	1950	1950
Elevador y balanza de pesado	1	30000	30000
Imán permanente (protección)	1	29000	29000
Enmelizador	1	15000	15000
Mezclador-dosificador	1	80000	80000
Transportadores con accionamiento eléctrico (2 hp)	3	2000	6000
Ensacador	1	297850	297850
Cosedora de sacos (manual)	1	6515	6515
Extrusores (34 hp)	2	230000	460000
Utensilios, palas, bieldos	6	200	1200
Plataforma de carga y oficina			80000
TOTAL			\$ 1,272,515

En base a datos proporcionados por la Asociación Ganadera de Huimilpan, existe una gran demanda de alimento, particularmente en la época de sequía. Se desarrolló un plan de negocios (tabla 3) considerando los productos, el mercado y las ventajas relativas de los mismos.

En el tabla 2 se puede observar la demanda existente del alimento animal en varios municipios de Querétaro. Si se pretendiera satisfacer en un inicio el 5% del mercado como se presenta en la última columna, aún así, la planta no cubriría la demanda de 4,106.85 toneladas de alimento por año. Con una capacidad de 9 toneladas diarias y 22 días por mes, solamente se producirían 1980 toneladas en 10 meses de trabajo por año, esto sería solamente el 2.4%. Si toda la producción se enviará a Landa de Matamoros, se atendería solamente el 11.2% de ese municipio.

Tabla 2. Demanda de alimentos para el ganado en el Estado de Querétaro.

Municipio	Bovinos	B. Carne	B. Leche	Alimento requerido en época de sequía (toneladas)	Estimación de oferta al inicio (toneladas)
Pinal de Amoles	9,675	9,675	0	15963.75	798.19
Arroyo Seco	10,350	10,350	0	17077.50	853.88
Jalpan	13,085	12,650	435	21590.25	1079.51
Landa de Matamoros	10,680	10,680	0	17622.00	881.10
Peñamiller	2,445	2,445	0	4034.25	201.71
San Joaquín	3,545	3,428	117	5849.25	292.46
Total Regional	49,780	49,228	552	82137.00	4106.85
Producción del Estado (%)	19	24	1		

Fuente: AGALO (Asociación Ganadera Local de Huimilpan, 2002).

Tabla 3. Plan de negocio.

OBJETIVO DEL PLAN	
LOS PRODUCTOS	- Alimento densificado de mantenimiento para bovinos - Alimento molido de finalización de bovinos de carne
EL MERCADO	- Ganaderos de la sierra de Querétaro. - Productores de Huimilpan
LOS COMPETIDORES	- Productores de alimento mezclado y molido a base de rastrojos
VENTAJAS RELATIVAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. La planta será establecida en la zona de producción de los rastrojos, implicando bajos costos de adquisición de la materia prima 2. El almacenamiento del alimento densificado es más eficiente que suelto o en pacas, con periodos de almacenamiento mayores a un año en climas templados. Esta característica permite la disposición del alimento en épocas de sequía. 3. El transporte es más eficiente debido a que los camiones pueden ser cargados a su capacidad nominal (podrán transportar el doble de material densificado que el material empacado). Esta característica permite transportar el alimento a grandes distancias y así un mayor alcance en las ventas. 4. Se ha obtenido aumento en la ganancia de peso del ganado, con respecto a la misma dieta no densificada, lo que significa mayor aprovechamiento del alimento. 5. Los animales no pueden seleccionar solamente ingredientes de mejor palatabilidad, reduciendo desperdicios. 6. El costo de molienda del material es menor que el peletizado, no incluye vapor y no produce los efectos de acidosis o bajo contenido de grasa en la leche por el tamaño de fibra. 7. Por las condiciones de alta temperatura y presión, se elimina la bacteria causante de la salmonelosis

2.2. Análisis económico de las propuestas técnicas. Proceso manual.

De acuerdo con el esquema de la figura 1, la inversión inicial, esta determinada por el costo de los equipos mostrados en la tabla 1.

2.2.1. Cálculo de los costos fijos.

Salarios fijos (mano de obra)

Se propone emplear a 4 obreros, uno en la molienda del material, uno para la dosificación de los ingredientes; uno en la operación de la máquina ensacadora y otro en el manejo de la cosedora de sacos. Se conoce que la actividad más pesada es la molienda con molino de martillos. Sin embargo, la ubicación del molino o la picadora debe estar dentro de la bodega, mientras que el polvo debe ser extraído por el ciclón del molino hacia la parte exterior para evitar enfermedades respiratorias de esta persona. El minicargador se encargará de la distribución de la materia prima, así como de cargar los camiones con el alimento producido. Debe ser contratado un operador del minicargador. Para iniciar, se pretende contratar un responsable de la planta, quien llevará el control de la materia prima, ventas, flujos de efectivo y trámites administrativos. Posteriormente, cuando la planta se consolide y aumente su producción, este puesto podrá ser dividido. Un mecánico de mantenimiento será contratado, sin embargo su trabajo principalmente estará en los fines de semana para labores de mantenimiento del equipo. El molino de martillos reducirá el tamaño de las partículas del material según el material que se reciba.

La tabla 4 muestra el tipo de puesto y su costo.

Tabla 4. Salarios fijos.

PUESTO	TIPO DE EMPLEO	NO. DE EMPLEADOS	COSTO POR EMPLEADO	COSTO TOTAL DEL PUESTO
Contador	Fijo	1	10000	10000
Mecánico de mantenimiento	Fijo	1	5000	5000
Peón	Fijo	4	5000	20000
Chofer de minicargador	Fijo	1	6000	6000
Velador	Fijo	1	4000	4000
TOTAL				45,000

Seguro: Cuota mensual de 1000 pesos

Costo de electricidad:

Potencia requerida: 90 kW (122 hp)

Consumo diario (8h): 720 kW-h

Consumo mensual (22 días): 15,840 kW-h

Costo de energía (0.431 \$/kW-h): \$ 6830

Predial: 1500 pesos en un año.

Costo de transporte, gasolina y diesel: Se considera un gasto de 1500 pesos, que incluye 4 tanques de gasolina, cada uno de 35 litros con un costo de $4 \times 35 \times 6.28 = 880$ pesos mensuales y mantenimiento de 1500 pesos cada 3 meses y pago de tenencia anual de $220 \times 12 = 2640$. En total mensual $880 + 500 + 220 = 1500$. En diesel para el bobcat será de \$ 4000

Interés anual (14/oct/2002): 8.9% (Ref. <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/pubcoy/coyunt/finanzas/IND-TIIE.HTML>)

Interés mensual: $8.9/12 = 0.742\%$

Cargo por interés mensual: $(1,272,515) \times 0.00742 = 9,442$

Depreciación:

Se estimó 10 años de vida útil del equipo con depreciación en línea recta

$1,272,515 / (10 \times 12) = 10,604.29$

Tabla 5. Detalle de los costos fijos.

AÑO	0	1	2	3	4	5
RENTA						
CONTABILIDAD	1000	1089	1186	1291	1406	1532
SEGURO	1000	1089	1186	1291	1406	1532
ELECTRICIDAD	6830	7438	8100	8821	9606	10461
AGUA	750	817	889	969	1055	1149
TRANSPORTE (gasolina, mantenimiento, tenencia)	5500	5990	6523	7103	7735	8424
INTERESES Y COMISIONES	9442	10282	11198	12194	13279	14461
SALARIOS FIJOS	45000	49005	53366	58116	63288	68921
IMPUESTO PREDIAL	125	136	148	161	176	191
ASESORIA JURIDICA	500	545	593	646	703	766
LIMPIEZA	1500	1634	1779	1937	2110	2297
TELEFONOS	1000	1089	1186	1291	1406	1532
GASTOS DE OFICINA	2000	2178	2372	2583	2813	3063
PUBLICIDADES	0	0	0	0	0	0
DEPRECIACIONES	10604	11548	12576	13695	14914	16241
TOTAL	85,251	92,839	101,101	110,099	119,898	130,569

2.2.2. Cálculo de los costos directos o variables.

Se calculó el costo de la materia prima considerando una dieta a base de rastrojo de maíz que se destinará para el procesamiento de densificación, Además se pretende producir otra dieta a base de grano de maíz la cual se propondrá para su venta en forma mezclada y encostalada. Considerando estos costos y estableciendo un precio de venta para cada producto, se obtiene una utilidad bruta calculada a continuación.

Tabla 6. Materia prima para el alimento densificado.

MATERIA PRIMA (100 ton/mes)	% dieta	No. de unidades físicas(ton)	Costo directo por ton (\$)	Costo directo total	%
Rastrojo de maíz	0.62	62	400	24800	35.5
Pollinaza	0.15	15	800	12000	17.2
Melaza	0.08	8	800	11200	16.0
Alfalfa	0.08	8	1400	6400	9.2
Pasta de soya	0.06	6	1900	11400	16.3
Minerales	0.01	1	4100	4100	5.9
TOTAL		100		69,900	

Costo de la materia prima por tonelada	$69,900/100 = 699$
--	--------------------

PRECIO DE VENTA POR 100 UNIDADES PRODUCIDAS (1,350\$/ton)	\$ 135,000
---	-------------------

Utilidad Bruta	\$ 65,100
----------------	------------------

Tabla 7. Materia prima para mezclado.

MATERIA PRIMA (176 ton/mes)	% dieta	No. de unidades físicas(ton)	Costo directo por ton (\$)	Costo directo total	%
Maíz	0.51	89.76	1900	170544	62.8
Pollinaza	0.14	24.64	800	19712	7.2
Melaza de caña	0.12	21.12	800	16896	6.2
Rastrojo de maíz	0.18	31.68	600	19008	7.0
Premezcla mineral	0.05	8.80	4100	36080	13.3
Costales			52	9152	3.4
TOTAL	100	176		271,392.00	

Costo de la materia prima por tonelada	$271,392/176 = 1542$
---	----------------------

PRECIO DE VENTA POR 176 UNIDADES PRODUCIDAS (1,900\$/ton)	334,400
---	----------------

Utilidad Bruta	63,008
----------------	--------

2.2.3. Cálculo del punto de equilibrio.

Este cálculo permite cuantificar la capacidad mínima necesaria de producción, tanto de material densificado como de material mezclado, para cubrir los costos fijos y los costos directos.

Tabla 8. Cálculo del punto de equilibrio.

Capacidad diaria densificado	Capacidad diaria mezclado	Capacidad mensual densificado	Capacidad mensual mezclado	Capacidad diaria total	Costo materia prima	Precio de venta	Costos fijos	Utilidad mensual
4.55	8.0	100	176	12.55	341292	469400	85251	42,857
4.32	7.8	95	171	12.09	330087	453150	85251	37,812
4.09	7.5	90	166	11.64	318882	436900	85251	32,767
3.86	7.3	85	161	11.18	307677	420650	85251	27,722
3.64	7.1	80	156	10.73	296472	404400	85251	22,677
3.41	6.9	75	151	10.27	285267	388150	85251	17,632
3.18	6.6	70	146	9.82	274062	371900	85251	12587
2.95	6.4	65	141	9.36	262857	355650	85251	7,542
2.73	6.2	60	136	8.91	251652	339400	85251	2497
2.50	6.0	55	131	8.45	240447	323150	85251	-2548
2.27	5.7	50	126	8.00	229242	306900	85251	-7593
2.05	5.5	45	121	7.55	218037	290650	85251	-12638
1.82	5.3	40	116	7.09	206832	274400	85251	-17683

Por lo tanto, en una primera iteración se observa que deben ser producidas 2.73 ton de alimento densificado y 6.2 ton de alimento mezclado.

2.2.4. Cálculo de pérdidas y ganancias.

Se elaboró una tabla en la que se representan las ganancias mensuales obtenidas a partir de la venta del producto densificado y del producto mezclado restando los costos totales que incluyen los costos fijos más los costos directos. Considerando el interés anual mencionado anteriormente, se proyectan las ganancias mensuales en los próximos cinco años, como se observa en la tabla 9.

- 2 Resumen ejecutivo del plan de negocio preparado por Innovación y Competitividad, S.A de C.V.

**Propuesta para integrar el Plan de Negocios
y comercialización de la Tecnología de un
extrusor de alimentos para animales
desarrollado en el CIATEQ**



inncom

innovación y competitividad sa de cv

CONTENIDO

1. Resumen ejecutivo del plan de negocio
2. Antecedentes y estado actual de desarrollo del proyecto
 - 2.1 Condiciones actuales de los equipos desarrollados
 - 2.2 Tipo de materia prima que puede utilizar
 - 2.3 Beneficios que se ofrecen
- 3 Análisis integral de la industria pecuaria en México.
 - 3.1 Las materias primas y formulación de alimento
 - 3.2 Disponibilidad del principal insumo el maíz
 - 3.3 Disponibilidad de forrajes en otras zonas del país
 - 3.4 Disponibilidad y precios de alimentos concentrados
 - 3.5 Fórmulas y sistemas actuales de alimentación
 - 3.6 Fórmulas objetivo para alimento peletizado
- 4 Mercado potencial
 - 4.1 Detalle de lo segmentos de mercado en México
 - 4.2 Estimación del mercado en México
 - 4.3 Tipo de productos que se ofrecen
 - 4.4 Análisis de cada segmento del mercado
 - 4.5 Análisis de costos y precios
 - 4.6 Análisis de competidores
 - 4.7 Barreras de entrada a los mercados objetivo
5. La tecnología
 - 5.1 Equipos y especificaciones
 - 5.2 Volumen y escalabilidad de producción
 - 5.3 Patentes y propiedad intelectual
 - 5.4 Análisis vs. Otras opciones tecnológicas
 - 5.5 Estrategia de desarrollo y actualización tecnológica
 - 5.6 Opciones de beneficios por la transferencia y venta de tecnología desarrollada
6. Aspectos Financieros
 - 6.1 Inversión
 - 6.1.1 Equipo de proceso

- 6.2.1 Equipos periféricos e instalaciones
- 6.2 Costos de operación
 - 6.2.1 Materias primas
 - 6.2.2 Personal y mano de obra
 - 6.2.3 Transporte y logística de materiales
 - 6.2.4 Otros costos
- 6.3 Estados financieros
 - 6.3.1 Estado de pérdidas y ganancias
 - 6.3.2 Flujo de efectivo
 - 6.3.3 Indicadores financieros
- 7. Análisis de riesgos y comparativo de alternativas de negocio para CIATEQ
 - 7.1 Estrategia y plan de implementación de alternativas de negocio
 - 7.2 Usuarios y socios estratégicos para el éxito del Proyecto
 - 7.3 Organización y plan de tiempos para la ejecución del plan de negocios
- 8. Conclusiones y recomendaciones

1. Resumen Ejecutivo

En México existe un amplio mercado que produce alimento balanceado para diferentes tipos de ganado como ganado bovino, porcino, ovino, caprino, aves y otros especiales como toros de lidia; de acuerdo con los datos de producción reportado por SAGARPA, en toneladas totales el ganado bovino representa el 30% del total de la producción del 2006 y el total de producción de aves es del 36%; sin embargo en términos de ventas en miles de pesos el ganado bovino tanto de canal como de pie representan el 42% del total.

El Centro de Investigación Avanzada (CIATEQ) ubicado en Querétaro ha desarrollado a través del Dr. Guillermo Muñoz Hernández un nuevo equipo que permite peletizar formulas de alimento balanceado para animales y que ha sido utilizado y evaluado en la producción de alimento de ganado bovino, ovino, conejos y toros de lidia. El equipo permite obtener productos que actualmente no se encuentran en el mercado mexicano ya que integra la fibra, rastrojo o esquilmo en el alimento peletizado el cuál existe pero que se produce por diferentes métodos de producción con los ingredientes llamados esenciales en la alimentación de los animales y se denomina concentrado.

El equipo se ofrece en dos versiones: equipo móvil y equipo fijo. El equipo móvil esta diseñado para tener flexibilidad en la operación.

El equipo fijo tiene un diseño similar sólo que con motor eléctrico para que se pueda instalar en lugares en donde no es conveniente mover el equipo.

El diseño de ambos equipos genera dependiendo de las materias primas que se utilicen un máximo de producción de alimento peletizado de 400 a 500 Kg./h

El equipo consiste en un alimentador de la mezcla de los ingredientes de la fórmula incluida la parte de fibra o forrajes de diferentes tipos, este alimentador sirve para dosificar la mezcla hacia un extrusor en forma de husillo que conforme va pasando hacia la parte frontal del equipo lo va mezclando y compactando para formar una pasta uniforme que al final del extrusor sale por un dado especialmente diseñado para que se obtenga el producto peletizado, se complementa con una cortadora que permite obtener la longitud que se desee del producto terminado. Todo lo anterior está montado y conectado a un motor de un tractor en el caso del equipo móvil o a un motor eléctrico en el caso del equipo fijo que son lo que mantienen en operación el extrusor durante toda la operación.

Los beneficios que se han observado son lo siguientes:

1. La presentación es mecánicamente densificada, es decir su volumen es reducido al 10% ó 30%, según la densidad de la materia prima. La presentación final llega a densidades a granel del orden de los 450 a 600 Kg./m³.
2. Los alimentos son integrales, es decir, incluyen la fracción de forraje, que favorece el sistema de rumia natural en bovinos.
3. Bajos costos de las dietas por la inclusión de ingredientes de bajo costo (20% al menos).
4. Con respecto a las mezclas se obtiene una reducción de costos de almacenamiento, transporte y dosificación (hasta 40% por su mayor densidad).
5. Altas eficiencias en la conversión alimenticia en bovinos (5.9:1) por la inclusión de los requerimientos nutricionales.
6. Con respecto a las mezclas se evita que el ganado seleccione ingredientes y los propicia que los consuma en las proporciones adecuadas por lo que se evitan desperdicios.

7. Por su presentación compacta permite un mejor empaque para su comercialización en el mercado.

Con los datos anteriores se procedió a realizar el estudio de mercado y posibles oportunidades de negocio. Debido a que la producción de ganado bovino es mayor al resto de las producciones de los otros animales en donde se ha probado el equipo, se enfocó el estudio de mercado principalmente al mercado de ganado bovino de engorda, mantenimiento y lechero.

El estudio de mercado mostró que la base para la preparación del alimento balanceado del ganado bovino está en la compra y manejo de los cereales que se utilizan en la fórmula como es el maíz, en el análisis de los principales participantes de la cadena productiva del maíz se encontró que una vez que se tiene la producción del maíz se sigue la venta hacia los grandes consumidores de volumen de maíz entre los que se encuentran las empresas pecuarias que producen un alto volumen de alimento balanceado y otras empresas que son asociaciones o uniones ganaderas que producen su propio alimento y les suministran a sus agremiados alimento en mejores condiciones de venta.

Es importante mencionar que el consumo en la industria pecuaria es principalmente de maíz amarillo mientras que el maíz blanco se destina para el consumo humano. El 85% es amarillo y el 15% blanco en la industria pecuaria.

Por otra parte se detectó que existen dos segmentos en la producción de ganado bovino de mantenimiento, engorda y lechero y básicamente son

1. Grandes industrias productoras como Malta Cleyton, Agribands Purina, La Hacienda y varias más en el país que esencialmente venden el concentrado de la dieta de ganado bovino, aves, caprino y conejos la

producción estimada de su producción es de 108,000 ton/mes

2. Uniones Ganaderas y asociaciones agrupadas en la Confederación Nacional Ganadera que representa 44 Uniones ganaderas regionales, 7 Uniones de porcicultores, 1 Unión de apicultores, 37 asociaciones nacionales especializadas y de criadores de ganado de registro y 1980 asociaciones locales, generales y especializadas, con un estimado de producción de 216,000 ton/mes y un estimado potencial de 1125 equipos extrusores con su actual capacidad de producción.

El estudio muestra los siguientes puntos significativos

1. El primer segmento de mercado, empresas del sector privado, no está muy interesado ya que en su actual línea de producción no producen alimento con esquilmo o rastrojo, sin embargo podrían realizar pruebas si se muestran más datos y la operación del equipo en forma continúa y mayores evidencias de que su costo incremental por añadir fibra se compensa con los beneficios del nuevo alimento que se produzca.
2. El segundo segmento, uniones y asociaciones ganaderas, tiene un amplio potencial porque muestran interés por el nuevo equipo ya que lo ven como un nuevo producto, y el beneficio de la fibra integrada lo ven positivo tanto gerentes de operación como los médicos veterinarios encargados de las dietas, utilizan fórmulas que si contienen esquilmo o forraje y el precio del equipo les parece que está en el alcance de compra de los productores, sin embargo para crear un negocio potencial se debe considerar que están muy dispersos en todo el país lo cuál demanda un alto costo en refacciones y servicio técnico así como labor de venta aunque se puede crear una alianza muy fuerte a través de la Confederación Nacional Ganadera (CNG) que permita vender los equipos y a

su vez crear mecanismos de financiamiento o apoyos para los productores.

El análisis financiero muestra que el mejor negocio posible es la venta a plantas ya establecidas de producción de alimentos balanceados para no incurrir en un costo adicional de inversión con una nueva empresa por la compra silos, molino, empaque, servicios e instalaciones nuevas.

Tomando como base la producción de cabezas de ganado de 500/mes en adelante hasta 3000 y con un precio promedio como el que actualmente ofrecen las Uniones Ganaderas de \$2400 a 2500 se cálculo la TIR, VNP, Pay Back y Rotación de activos que se puede observar en la tabla siguiente

Tabla 1 Modelo financiero 1 precio fijo \$2400/ton

	1	2	3	4
CABEZAS/mes	500	1000	2000	3000
horas operación	8	8	8	8
# equipos extrusores	2	4	8	12
inversión (\$ miles pesos)	\$ 613,636	\$ 1,227,273	\$ 2,454,545	\$ 3,681,818
Precio de venta (pesos/ton)	2400	2400	2400	2400
costo total	2189.1	2102.9	2060	2045.5
TIR	32	51	60	63
VPN	\$ 673,732	\$ 2,755,068	\$ 6,917,741	11,080,413.3
PAY BACK (MESES)	36	24.6	21.6	20.8
rotación de activos	8.45			

Como aún no se tiene calculado el costo de la producción en serie del equipo se tomo como referencia un precio de \$200,000 pesos/extrusor más los costos de la instalación en \$100,000 pesos/extrusor.

Se puede apreciar de la tabla anterior que conforme aumenta la producción aún con mayor inversión la TIR, VPN aumentan y el tiempo de retorno o Pay back es menor siendo de 20.8 meses para una producción de alimento para 3000 cabezas de ganado por mes aún considerando

un precio de \$2400 pesos/ton que es el límite inferior detectado en el estudio de mercado.

Por otra parte existe el interés de la empresa JERSA dedicada a la producción de equipos para la industria alimenticia de humanos en la producción y venta del equipo aunque aún no se han definido las condiciones y si puede ser de interés para el CIATEQ.

Con lo anterior se puede concluir lo siguiente:

1. Es necesario determinar si existe interés para que JERSA pueda ser el productor y comercializador inicial del equipo por parte de CIATEQ ya que se recomienda ampliamente elaborar con base en sus costos si el costo calculado hasta el momento podría ser más bajo.
2. Se recomienda realizar una fase de evaluación con un equipo de trabajo especialmente formado para que en forma continúa con 4 uniones o asociaciones ganaderas se pueda producir, analizar y evaluar el alimento balanceado en un lapso de 2 meses y con ello poder validar los costos de producción estimados, obtener mayor información sobre las posibles fallas del equipo e iniciar una estrategia de mercado orientada a que las uniones o asociaciones ganaderas sean los promotores del equipo y al mismo tiempo se trabaje en un esquema con la SAGARPA y las uniones ganaderas que permita la compra del equipo.
3. Con los datos financieros se puede concluir que los costos estimados para el extrusor fijo arrojan un negocio potencialmente atractivo para las plantas productoras de las uniones y asociaciones ganaderas ya que se obtienen valores altos en las evaluaciones de TIR, VPN, Pay back un nivel aceptable de rotación de activos aún a precios bajos como de \$2400 pesos/ton.

4. Con base en todo lo anterior y la información obtenida con las uniones y asociaciones ganaderas se puede visitar nuevamente a las empresas del segmento privado para presentar los resultados y potenciar aún más el proyecto en una fase adicional.
5. Se recomienda validar la posibilidad de iniciar un proyecto para escalar la producción del equipo.

2. Antecedentes y estado actual de desarrollo del proyecto

2.1 Condiciones actuales de los equipos desarrollados.

El equipo es un extrusor con un husillo que permite utilizar una amplia variedad de materias primas para poder preparar alimentos balanceados que pueden ser utilizados en la dieta de ganado bovino de mantenimiento y lechero, ovino, conejos entre otras.

El equipo se ofrece en dos versiones: equipo móvil y equipo fijo. El equipo móvil está diseñado para tener flexibilidad en la operación y preparación de alimento.

El equipo fijo tiene un diseño similar sólo que con motor eléctrico para que se pueda instalar en lugares en donde no es conveniente mover el equipo.

El diseño de ambos equipos genera dependiendo de las materias primas que se utilicen un máximo de producción de alimento peletizado de 400 a 500 kg/h

El equipo consiste en un alimentador de la mezcla de los ingredientes de la fórmula incluida la parte de fibra o forrajes de diferentes tipos, este alimentador sirve para dosificar la mezcla hacia un extrusor en forma de husillo que conforme va pasando hacia la parte frontal del equipo

3 Trascipción de las entrevistas con los actores del caso

3.1 Mtro. Fernando Baquero

Entrevista con el Mtro. Fernando Baquero el martes 27 de agosto de 2013 a las 11:00 hs.

Estamos platicando con el Mtro. Fernando Baquero sobre la experiencia que vivió en el desarrollo del equipo extrusor de residuos agrícolas para la producción de alimento para ganado. Empezaría preguntándole si es así como se llama o cómo se conceptualizó ese equipo inicialmente.

Fundamentalmente, el concepto tenía que ver con sacar un alimento balanceado, integral, y con aplicaciones para la alimentación bovina. El tema de esto tenía que ver con aumentar la durabilidad de los productos en anaquel. Y hacerlo viable en cuanto a su transportación ya que la densidad aparente del material no es ventajosa para la transportación.

Se requería pensar en varias cosas: calidad nutricional y que fuera aceptado como un producto que representase ventajas para las comunidades ganaderas.

Cuál es la génesis del proyecto. Por qué a CIATEQ le interesó meterse en este tema y qué conocimiento previo existía alrededor de esto.

Cuando se inició el área de investigación, una de las líneas que probamos fue el reciclado, de ahí surgió, había que derivar en proyectos que utilizaran el talento y la gente que conformó la línea de investigación, por lo que Agustín y Guillermo tienen formación mecánico-agrícola. Ellos pudieran presentar un recurso, un talento que era mi responsabilidad desarrollar. Entonces pensamos en reciclar varias cosas: aluminio, desechos, por ejemplo arenas de fundición, pensando seriamente en que a futuro pudiese representar una línea de trabajo de CIATEQ.

Ya se había presentado la necesidad manifestada en la Asociación de Ganaderos de Huimilpan, un producto –no para ellos, sino para los ganaderos de la sierra de Querétaro- donde los desechos, el rastrojo de aquí del Valle se procesaran y fueran llevados a la gente de la sierra cuando las condiciones climáticas, la sequía, no dejara alimentar a sus animales

¿Fue una iniciativa de los ganaderos?

Nosotros queríamos atender una necesidad y aprovechar los Fondos del sistema Hidalgo (SIGHO) que en esa época para acceder a los fondos requería tener un cliente. Las sociedades ganaderas eran muy activas en Querétaro, (la idea original siempre será una discusión con Guillermo), si no hubiese sido por la pasión del ganadero, el señor mayor que ya venía con esa preocupación, en torno a buscar una solución para esa comunidad, no le habiéramos entrado con tanta fortaleza.

Recuerdo que la primera reunión con la Asociación, entré a la sala de juntas, con mucha gente de sombrero (risas), pero él los convenció. Y le entramos al primer proyecto que fue el SIHGO, de ahí surgieron los primeros recursos para la máquina.

¿Y qué siguió? ¿ Se percibió esto como la oportunidad de aprovechar esos talentos, aprovechar quizá una experiencia previa en el manejo de biomasa?, porque entiendo que el Centro tenía años en ese tema

Sí. Había que conciliar esas líneas. Se había utilizado la biomasa para combustión y eso se derivó de los proyectos con el sector azucarero de aquel entonces. Lo que se quería era utilizar el bagazo de caña para alimentar los hornos, para las calderas; pero para quemar el bagazo había que darle condiciones de humedad y cierto conocimiento para probar en qué condiciones, en una mezcla de aire-combustible se sostenía la combustión. Y eso dio origen a la primera tesis doctoral que se dio en CIATEQ, trabajo de Máximo Carnelutti.

Se tomó experiencia en el manejo de esos productos y también Máximo estuvo trabajando con nosotros en el área de investigación, fue una extensión –de trabajar con ese tipo de desechos- pero ya no pensando en caña de azúcar porque la celulosa no servía como materia prima para el caso de dietas animales. Así que tuvimos que cambiar a algo que no tuviera un alto componente de celulosa.

Fueron los desechos, los rastrojos del campo, fue migrar de una cosa a otra con la misma línea de reciclaje, aprovechando el talento de Guillermo y Agustín.

Entonces, considerando que había el talento y conocimiento para proponer algo que diera respuesta a esa necesidad de los ganaderos, de aprovechar los residuos es como se construyó el proyecto, ¿qué sucedió a partir de ese momento?

Había que conocer los materiales porque los de ese tipo no son fáciles de manejar; se decidió hacer dos tesis doctorales sobre las que crecieron en sus grados académicos Agustín y Guillermo. Agustín tomó el tema del conocimiento del material porque no se tenía documentado en las bases de datos de E.U. y Europa condiciones para el manejo, ángulo de fricción, cómo atacar esa tendencia natural de dichos materiales a no fluir y hacer cavernas; manejar todo el tamaño de partículas; la descripción de un nuevo material en las condiciones en que está normalizado hacerlo; hubo que construir máquinas de pruebas especiales, fue parte de su trabajo, la forma de medir, la validación, etc.

Y por otro lado, el tema de la determinación de otra serie de variables. El tema de trabajo de Guillermo no era necesariamente construir esas máquinas, el tema era encontrar un modelo reológico que pudiera predecir cuál iba a ser el comportamiento en la compactación de esos materiales. Es decir, presiones, temperaturas, disminución de volumen, cambio de densidad, dureza... porque nosotros, en el fondo, estábamos viendo qué aplicación tecnológica íbamos a hacer a través del proyecto de SIGHO, pero la ciencia que se generó ahí no era para construir una máquina; fue la aplicación tecnológica de los dos trabajos que se conjuntaron para eso.

¿Entonces el tema central era densificación o compactación del material?

Sí, así se llamó la tesis de Guillermo, es un problema de reología. Había que encontrar un modelo que contribuyera al conocimiento, esa fue la aportación de Guillermo, el modelo para poder predecir los grados de compactación. Todo eso después alimentó el diseño del extrusor en cuanto a variables, condiciones de contorno y todo lo demás.

¿Pero por qué un extrusor? Se habla de densificación y se habla de la necesidad que planteaban los agricultores de llevar material de desecho a la sierra para alimentación del ganado, ¿pero por qué extrusión? ¿desde un principio se definió así?

Se hizo una búsqueda. Comercialmente, la solución de Warren and Baerg existe desde hace tiempo, con máquinas extrusoras y cubicadoras. A nosotros nos pareció en ese momento que la extrusión podría ser lo más sencillo y viable, sobre todo porque íbamos a tener un producto que no necesitaba vaporizarse para dar textura, queríamos trabajar directamente el material porque una de las condiciones es que fuera muy barato, sin más procesos para lograr el producto. Ya que se quería lograr un pellet para ganado.

¿Y esto se habló con los agricultores o era simplemente el objetivo del desarrollo tecnológico?

Se discutió qué se iba a hacer, pero dijimos entonces ¿qué es lo que mata bacteriológicamente esos productos? La humedad. Entonces vamos a trabajar a baja humedad y vamos a compactarlo, para con eso eliminar las posibilidades del deterioro bacteriológico. Fue una consecuencia de analogías con otro tipo de productos: el alimento para perros que se mantiene en anaquel. Fue un paso aparentemente sencillo, pero es importante romper esquema y hacer pellets para ganado. Es algo que ya existe, pero no con el concepto que se tiene. Esa fue una de las dificultades más grandes cuando se mandó hacer un estudio de mercado, que el consultor no entendía la idea del producto. Nosotros no hicimos el pellet como un complemento alimenticio, que es lo que se conoce en el mercado, sino algo completamente integral: el animal comía eso sin necesidad de darle nada más.

Lo que se vende actualmente son complementos alimenticios.

Cuando hicimos un estudio de mercado, lamentablemente el consultor no se dio cuenta que lo que está tratando de investigar en el mercado era un producto nuevo, no había producto sustituto porque se trataba de algo integral, balanceado. Por lo tanto, su trabajo no nos sirvió mucho, por que sus resultados se basaban en un problema no entendido. Ese producto no tenía competencia. Eso era lo que se percibía, es decir, que se llevara a la sierra un producto sobre el cual las comunidades alimentaran a su ganado, es todo.

Y cuando hablamos de producto, entendemos bien que estamos hablando del pellet o alimento para ganado, pero también se puede considerar producto al equipo, a la máquina que había que construir ¿o eso ya existía en el mercado?

Con los años nos dimos cuenta de que el producto no era la máquina, sino el pellet. La máquina sólo es un medio para hacerlo, y nosotros empezamos tratando de venderla cuando lo que debimos promover mucho fue el pellet.

Pero la máquina en sí, tiene carácter innovador ¿o no?

Sí. La máquina, para poderla patentar no fue sencillo, hubo que mostrar un grado de novedad – porque extrusores hay por montones- patentar un extrusor, aparentemente, no tiene un grado de novedad fácil; para que pudiese hacer “el churro” continuo, había que modificar la cabeza del tornillo, ahí en la cabeza del tornillo es donde encontramos un grado de novedad. Porque en las pruebas que hicimos las primeras veces no salía continuo y había explosión de vapor en la cabeza del extrusor, por lo tanto, lo que obteníamos era disparos bastante violentos de biomasa a la pared. Fue desconcertante, hasta que entendimos cómo hacerlo continuo. Con ello se dio lugar a la patente gracias a la novedad. Lo que tiene ese tornillo es paso variable y diámetro variable, es muy raro porque tiene que hacer ambas funciones a la vez, transportar y presionar, pero ahí no está lo novedoso. Lo novedoso está en poder hacer la compactación de la biomasa en las condiciones que se había estudiado; el tema es un compromiso importante y muy delicado, entre que si el producto sale demasiado compactado, el animal al ingerirlo no lo puede disolver con su saliva; y si sale muy débil en la compactación se desmorona la transportación. Por eso había que hacer estudios previos de los modelos de compresión y de la reología. Y así con ello obtener las variables para el diseño. Finalmente los animales son los “jueces”, es el cliente. Si no se lo comen y lo procesan, no vamos a lograrlo. El hecho de que esa máquina lograra hacerlo en la consistencia necesaria para cumplir las dos situaciones, fue el éxito del proyecto. Es una máquina muy simple, pero que afortunadamente logró reproducir lo que se había hecho en el trabajo teórico experimental del trabajo de Guillermo, en su doctorado.

Y volviendo un poquito al origen, en cuanto a buscar densificación de material para llevarlo fácilmente a otros lugares. También entiendo que, más que llevar el material, de repente se habla de llevar la máquina al lugar donde están los desechos y entiendo que el concepto nació como una máquina accionada por el tractor. ¿Es correcto?

Así fue el concepto. Como en esas comunidades no hay grandes propietarios, sino pequeños propietarios; lo que nos podía unir más es un tractor, digamos para el servicio a la comunidad. Aplicar la toma de fuerza como medio de obtener la potencia necesaria y con eso se diseñó ese equipo. Por eso el tamaño que salió, fue porque se tomó una de las clases de tractor más comunes y con eso reflexionamos ¿cuánto tienes en la toma de fuerza 40 o 60 hp? y con esto habrá que ver qué equipo sale.

Aunado no solamente a la toma de fuerza (40-60 Hp y 540 Rev.), sino además la posibilidad de levantar el aparato con el enganche del tractor ¿no?

Sí. Y por eso lo que se conoce actualmente es el resultado de las especificaciones primarias, eso no quiere decir que no se hubieran podido hacer más grandes o adaptarlos a otras condiciones, o hacerlos en tandem; se nos empezaron a ocurrir varias ideas para diferentes aplicaciones, pero en cuanto a la génesis, así fue.

Qué hay alrededor del desarrollo, del prototipo; ¿qué tantas pruebas previas o cómo se desarrolló finalmente lo que se llevó a los usuarios?

Se trató de hacer la mayor integración posible de partes. Es decir, sólo se construyeron las partes que tiene que ver con el flujo y presión: el tornillo, la cabeza del tornillo y los dados de extrusión, que eso marcaba el tamaño; el resto fueron integraciones: lo más complicado, la caja de reducción, la importamos de Italia, una caja maravillosa que conseguimos muy barata después fue muy difícil conseguirla; todo lo demás es típico: rodamientos, soportes, etc.

¿Consiguieron la caja de Italia para el primer prototipo? ¿después hubo dificultades?

Sí, luego hicimos una caja con nuestros amigos los especialistas en engranes de CIATEQ. Esa caja funcionó pero era extraordinariamente ruidosa. Después utilizamos una transmisión de vehículo, que era una solución muy fácil. Se fue pasando por diferentes etapas, pero nunca nos enredamos con lo que no iba a tener ventaja tecnológica, solamente integramos. Muchas de las cosas se hicieron en la dimensión que lográbamos encontrar y conservando los parámetros de la extrusión, la velocidad de giro y ese tipo de cosas. Nos interesó mucho que se pudiera controlar el par que llegaba al extrusor: en la toma de fuerza había un controlador de par que patinaba cuando se llegaba a tapar el extrusor. Eso fue lo más relevante, para pensar en la seguridad de todos.

EL primer tornillo que se construyó fue interesante, de la manera más artesanal que puedas imaginar. Para extenderlo se jaló de un carro, en Pedro Escobedo, porque no teníamos los procesos de manufactura desarrollados, pero necesitábamos hacer la prueba del concepto lo más

rápido posible. Una cosa eran los modelos de reología que se diseñaron, que se validaron, porque se construyó una prensa especial para eso –que todavía ha de estar funcionando- para pruebas de laboratorio porque había que comprobar los modelos teóricos. La prensa se hizo lo suficientemente rígida para que después se trabajara en otras tareas; así fue después adoptada en el taller. Y otra cosa era ver que efectivamente se pudiera lograr en condiciones prácticas, ya buscando un producto. Es cuando nos encontramos con las dificultades que te cuento: un desahogo de vapor que en el modelo que se hizo por computadora no se veía, se veía que subía la temperatura pero a nadie se le ocurrió que ese vapor tenía que salir (risas)... Hasta que se hizo la ventilación para el vapor, nos dimos cuenta de que el tornillo estaba trozando la continuidad del producto, es decir, lo comprimía pero a la vez lo trozaba, no estaba ayudando en el último ciclo a la salida. Es ahí donde se modifica la cabeza del tornillo, logrando el objetivo deseado. Cuando esto funciona, viene una segunda y la más difícil de las pruebas: que las vacas se lo comieran.

En ese momento, supongo que regresaron con los ganaderos...

Sí. Fuimos con ellos, les llevamos la máquina, se hizo un *show* un sábado en la Asociación, se llevaron algunos animales y empezamos a hacer pellets. Muy curioso porque son cosas nuevas que se presentan en una comunidad muy tradicional y pues fue muy interesante. Después, ya cuando hubo una cantidad importante se llevaron la muestra a los comederos de animales y sí se lo comieron. Esto significó el éxito más grande.

Pero eso ya tenía una mezcla, ya tenía una dieta. Entiendo que se apoyaron en la UAQ para desarrollarlo...

Sí. Eso ya vino después. Porque no hubiera valido la pena meternos en un proyecto para mejorar dietas si no hubiésemos logrado el producto, entonces, una vez que se logró el producto, se pensó en una variedad de dietas.

Entonces todo el desarrollo del equipo y demás llevó a que el equipo funcionaba, podía compactar estos "churros" y los animales se lo podían comer, ¿esa fue la prueba de fuego?

Sí. Para que se pudieran deshacer en la boca del animal y se pudiera tragar. Esa fue la prueba fundamental, ahora sí, la prueba del concepto. También había algo interesante: dentro de los desechos que se utilizaron como aglutinante, se utilizaba melaza, misma que favorecía a la máquina en sentido de que la lubricaba y la melaza el animal la acepta porque huele bien y el proceso la acaramelaba. Aunque no se nota porque el componente es de baja proporción, pero sí logra aglutinar, lubricar y darle cierto olor agradable para los animales. La melaza es también un desecho, un deshecho de los ingenios.

Luego había que mejorar las dietas: no es lo mismo una dieta de engorda que una de sostenimiento. Entonces se abrió el proyecto a la investigación veterinaria, además queríamos probar la bondad del producto, si los animales lograban el nivel de peso deseado con el equivalente del producto sin ser procesado en el extrusor, para poder tener una idea de si el animal podía "desdoblar" las enzimas y todo eso. Se invitó a la UAQ, a la Dra. Bernal, dirigió varias tesis alrededor del asunto en unas pruebas bastante rigurosas: había que ver el vientre del animal, darle sequimiento a heces, qué entraba y qué salía (risas); y luego de eso, cómo se hacía bien el paso del alimento en los estómagos de los rumiantes. Yo te hablo de eso medio de "lejitos" porque si fuimos a ver qué estaban haciendo, pero no volvimos más... después de que ellos utilizaron sus procesos de validación. Ya que se mostró que había una ganancia importante en peso para el ganado, se motivó el grupo para hacer dietas especiales. El ganado vacuno, el caprino y la trabajar con la cunicultura. Se hicieron cabezas de extrusión más pequeñas para obtener pellets más pequeños. En ese entonces, la gente que compró el primer extrusor fue el gobierno de Salamanca, Guanajuato. No sé si algún día lo utilizaron, pero lo compraron.

¿Cómo supieron de él?

Eso se "regó", ellos hicieron un programa social en Gto. Compraron un montón de cabras. Compraron el extrusor para alimentar esas cabras..

Porque el antecedente era que tenían el prototipo y, supongo que operando los ganaderos de Huimilpan. ¿Y ése siguió con ellos?

Sí, pero hasta que se pelearon entre ellos. Como el proyecto estaba apoyado por un proyecto SIHGO, el beneficiario era la comunidad y no CIATEQ, todo era de ellos. Por lo tanto hicimos otros prototipos. Mejoramos éste y se vendió el otro. El proyecto se seguía alimentando de cuanto programa y propuesta (risas) hubiese porque se podía mostrar de diferente forma en diferentes

foros porque ya no era probar un concepto, sino ya en el desarrollo de otras cosas. El trabajar con la UAQ nos fortaleció mucho en términos de buscar recursos y además la credibilidad del producto aumentó. Tuvimos que trabajar en los procesos de manufactura porque hacer el tornillo era muy complejo así que tuvimos que fundirlo; se probaron algunos tornillos fundidos y había por supuesto que darles cierto maquinado final, no fue la mejor solución, puesto que mostró cierto grado de dificultad. Después el extrusor se fue a CIATEQ Aguascalientes, donde se encargaron del producto como máquina y quedaron de desarrollar los procesos de manufactura, pero no resultó; tuvimos dificultades con algunas medidas y terminó, fue como un periodo de recesión del proyecto que estuvo allá.

La principal dificultad de manufactura estaba en hacer el tornillo, que lo hicieron mecano-soldado, que fue el que perduró. ¿Y las aleaciones? ¿no había problema por el acero?

Sí. Parte de la dificultad que seguía es que cuando intentamos ponerlo en el mercado, como es un producto, la gente te pide las especificaciones de la máquina, entonces tuvimos un fracaso - ¿recuerdas cuando fuimos con esta gente de Molinos Azteca?- porque la paja que ellos estaban utilizando estaba muy húmeda, por lo tanto, se decidió en la siguiente etapa -no puedes mandar un producto al mercado mientras que no lo conozcamos bien, definir la durabilidad de las partes que están sujetas a mayor exigencia, hablando del dado de extrusión y la cabeza del tornillo la cabeza del tornillo se iba a hacer intercambiable y cada vez estábamos utilizando diferentes procesos de manufactura, endurecimiento, se pusieron soldaduras especiales de tungsteno, recubrimientos y eso conformó otro know-how importante que es un secreto dónde se manda hacer eso entonces ahora el resto del tornillo duraba mucho y nos fuimos a mejorar la parte débil.

También empezamos a manejar mejor las condiciones donde operaba el extrusor: tamaños de partículas y la humedad, ésta última es clave porque de eso depende que el extrusor trabaje continuamente y también depende de que no trate de “amarrarse”, porque cuando está muy húmedo conforma una pasta que provoca eso. La mala experiencia de haber presentado una máquina un poco “inmadura” nos hizo volver al laboratorio para afinarla aunque ya como un producto donde pudiéramos hacer especificaciones, donde pudiéramos decir horas de trabajo ‘de la cabeza’; después decidimos que lo íbamos a cambiar, es decir, prestar la máquina para ser usada a cuenta de que nos dejaran tomar las bitácoras. Fue por eso que fuimos a parar con el ganadero del pan Bimbo, el Ing. Abinagum donde la idea era que -a fin de cuentas la dieta es una composición que puede especificarse a partir de cualquier producto de esos- se llevaba el pan, armar la dieta, y en lugar de utilizar melaza como aglutinante, se utilizaba ese pan (desechos de Bimbo) que tiene aceites y hecho moronas se mezclaba con todo esto.

Viene otro reto muy interesante que es otra máquina que diseñó Guillermo, que fue como quitarle el plástico al pan y hacerlo moronas, y se hizo una máquina muy simple que trabajaba bastante bien. Se automatizó el proceso y era un éxito enorme en los establos porque ese olor de pan mezclado con chocolate hacía que los animales se volvieran locos.

En ese rancho (en Colón) nos atendieron tres generaciones: el abuelo, el papá y el hijo Había una seria discusión entre el abuelo y el padre porque el abuelo quería continuar con el ganado vacuno y el padre no porque el problema del clembuterol en Querétaro es intenso. -Aunque se diga que no, existe y es muy grave- Él decía que para qué querían las mil 500 cabezas de ganado si no podían competir con la gente que estaba metiendo el clembuterol. Desde aquel entonces, sin querer, el proyecto entró en riesgo porque si la decisión del encargado del rancho no quería seguir con el ganado vacuno... el rancho se cerró, vendieron las 1,500 cabezas de ganado de un día para otro y solamente lo dejaron como rancho porcino. Hicimos pruebas, pero no logramos todo lo que necesitábamos para poder definirlo como un producto, es decir, un conocimiento de la máquina.

Luego vino el caso del Ing. Lecumberri. El nicho de mercado cambió del sector social al ganado de lidia. Quién se creía que íbamos a crear un sector social muy de elite contra un sector muy limitado en términos de posibilidades. Lecumberri trabajaba como Director del Centro Banamex, dejó ese trabajo y regresó a su rancho, en Colón también, y en ello... (interrumpido)

...¿Ahí es donde se enteró del otro rancho, de que existía ese producto?

No sé si fue por ahí, pero tal vez. El caso es que llegaron. Era también porque la Dra. Bernal se convirtió en una promotora del equipo, lo quería, sufría cuando nos iba regular o teníamos rechazos, vivía el desarrollo; no dudo que nos haya ayudado.

Te estoy hablando de un proyecto de al menos 10 años de desarrollo, hay cosas que ya no recuerdo. Fue una negociación muy difícil, Lecumberri vino, miró el equipo, le gustó, quería que se le vendiera el equipo, quería la exclusividad, pero tuve enormes problemas para tomar una decisión que pudiera llevar a la dirección –ya eras tú Director-. Lo vimos en el Hipódromo de las Américas y él decía: “por qué me cobran regalías, por qué tan caro si eso es un montón de fierros, una máquina de hacer papas fritas, por qué me van a cobrar tanto por eso...” Estuve pensando mucho por qué no podía hacer una propuesta ganadora, me costaba mucho trabajo. Fue cuando entendí que nosotros estábamos negociando mal la tecnología, que no debíamos negociar las máquinas, sino el producto. Di muchas vueltas para entender que estaba mal, por eso me costaba mucho transferir eso. A partir de ahí, la propuesta es que no se vendían las máquinas, sino que se rentaban; y cambió toda la manera de hacer una estrategia de mercado. Luego de eso, hicimos una segunda patente, del producto.

¿Y qué diferencia tenía con la primera?

Que la primera era la máquina y la otra era el proceso. Por lo que hubo que proteger eso con una segunda patente. Entonces, ahora la oferta cambia y fue cuando nos empezó a ir mejor.

Ahorita suena obvio, pero cuando me acerqué a Lecumberri a tratar de hablar de transferencia, de regalías y toda la teoría, me preguntaba el por qué tener que pagar por ello, “me estás cobrando como si fuera carro nuevo”, la percepción del cliente era a través de los mecanismos, pero no veía el producto; entonces, cuando no había claridad, él hizo la analogía de la máquina para hacer papas fritas –cosa que me ofendió mucho-. Busqué la salida para regresar a Querétaro sin dar un paso más porque necesitábamos crear mejores argumentos para que él pudiera tener la percepción del valor de lo que se estaba vendiendo y pudiera vendérselo como tal. Después de echarle muchísima cabeza, me doy cuenta de que estábamos mal, por eso necesitábamos la segunda patente. Entonces ya teníamos un paquete completo patentado: el producto como tal, con esa aplicación; y la máquina. Y ahora sí, existía la fortaleza. A Lecumberri también se le rentó la máquina y empezamos a cobrarle como \$6000; él quería comprarnos, o que le hiciéramos, una planta grande. Sin embargo, empezamos a tener otra serie de dificultades con él porque, astutamente, primero presentó el producto a sus colegas (otros criadores de ganado de lidia), nos fue bastante bien, se le rescataron 4 de 6 toros que tenía como perdidos. Todo eso fue miel sobre hojuelas hasta que pidió que se cotizara un equipo grande y comenzamos con las dificultades porque no entendía el porque nosotros cobrábamos por las cosas que se le hacían.

¿Había la idea de escalar, de hacer el equipo más grande?

Sí. O hacerlo en baterías, poner tres juntos. Él optó por la forma rápida: se fue a E.U. –él conocía mucho sobre estos equipos- y yo le dije “no hay problema, nosotros –quería comprar un equipo de segunda- te ayudamos a arrancar ese equipo, el extrusor no es la única solución”, además porque a nosotros también nos interesaba conocer otra cosa y cobrarle por el servicio (risas); “no te cases con nosotros, es más, te ayudamos”. Finalmente optó por una terrible solución que fue, primero, empezó a sacar información sobre el diseño del equipo, cosa que tuve que decirle a Guillermo (porque la vocación del investigador es ahondar), y entonces le dije que no; ni un solo ángulo, porque estaba pidiendo mucha información sobre el tornillo. Entonces se le ocurrió comprar un tornillo de extrusión, una máquina para extruir plásticos. Abrió su empresa, hizo varios productos, pero hace dos meses me comentó Guillermo que regresó a CIATEQ buscándolo para... (risas) que le volvieran a cotizar otra máquinas, porque no le fue tan bien. La gente quiere saltarse los pasos o ahorrarse el dinero y finalmente no le va bien.

Fue muy difícil la relación con Lecumberri, no continuamos con él porque se molestaba mucho por que le cotizábamos, decía que las instituciones federales no deberían hacer eso, etc. La verdad es que quería todo regalado. Para nosotros no iba a representar ninguna ventaja, supimos que quería su independencia y agarró el camino corto. El extrusor siguió su camino y después lo rentamos en Aguascalientes, al Ing. Juan Carlos Feregrino y con ellos empezamos a precisar más sobre el desgaste, nos pasó la información, logramos optimizar la cabeza del tornillo para tener certeza de lo que estábamos haciendo.

Entiendo que hubo un apoyo de CONACYT para construir varias máquinas ¿no?

Fue después. Ellos han tenido mucho éxito, le dieron otra dimensión, lo volvieron un reactor, aprovechando las condiciones de temperatura, lograron modificar para bien el producto –en el

sentido de la asimilación animal-, nosotros sabíamos que eso se daba y ellos lo expandieron. Por lo tanto, ya no es sólo un extrusor, sino un extrusor-reactor.

¿Quiere decir que ellos siguieron trabajando alrededor de las dietas, tienen manera de probarlas y le agregaron elementos que el mismo equipo facilita que se incorporen?

Así es. Y eso ya es un trabajo de ellos. Le dieron un valor más interesante al equipo y ellos así lo visualizaron. Entró un nuevo mercado, un nuevo concepto, una nueva aplicación y la gente ve como ha evolucionado.

Y en cuanto a implicación, ¿es también para ganado vacuno o para...?

...Para ganado vacuno. Esta gente en Aguascalientes tiene sus ranchos en esa línea .

Bien. Entonces podríamos decir que el equipo ha probado ser útil para estos propósitos de alimentación de ganado, ya no sólo de aprovechamiento de residuos, sino como un equipo para preparar mejores dietas para los animales. ¿Tiene futuro esto? Desde tu punto de vista.

Yo creo que todo lo que tenga que ver con reciclaje tiene futuro. El problema no se ha acabado, el verano es muy fuerte en muchas zonas de México, la sequía. Y sigue siendo una solución, no ha habido un producto sustituto, el mercado todavía está todavía latente, hay gente interesada. Creo también que el extrusor debe migrar hacia ser un producto más personalizado, que no solamente ese tamaño o condiciones, sino hacer a la escala que se necesita.

Entiendo que esto produce entre 500-800 Kg por hora, ¿es cierto?

Así es.

Y las necesidades pueden llegar a ser mucho mayores. Pero la solución de escalarlo técnicamente ¿puede ser la apropiada o puede ser más útil manejarlo en tándem o en grupos?

Creo que si yo tuviera una necesidad preferiría tener dos o varios en tándem porque si el escalamiento es no lineal y hay muchas variables juntas, yo preferiría hacer otro experimental y trabajar en lo que ya es seguro, ese sería un paso intermedio. También se me olvidaba que se hizo el sistema de secado para que los pellets salieran secos y se pudieran encostar.

¿Pero ya es parte de la instalación de una pequeña planta?

Sí, pero así se quería ver, simplemente para empaquetar. Realmente, a estas alturas y con todas las rentas, creo que el extrusor para nada ha pagado su desarrollo, pero ya está dando dinero. No sé si lo sigan rentando pero para la época en que dejé el Centro todavía estaban pagando mensualmente \$8000, que podrían ser como una especie de regalías, sólo que le llamábamos renta porque la idea era que lo aprovecharan (lo cual sirvió mucho porque de lo contrario probablemente no lo hubiesen utilizado), y les cobramos algo que no es muy significativo.

Eso significaría que a través de las diversas aplicaciones de los clientes, ellos han contribuido al desarrollo, si no del producto como extrusor, de producto como alimento ¿es correcto?

Ambas cosas. Incluso con Lecumberri se hicieron varias correcciones al equipo: con el empezamos a ver los desgastes, probar nuevas tecnología para aumentar la vida; en realidad fue interesante y aprendimos muchas cosas del uso que le estaban dando, algo que nosotros no podíamos hacer por no estar en ese mercado. Cosas para validar un equipo: desarrollar, medir, puntos de desgaste, mirar su desempeño y sobre eso escribir una presentación, un tríptico de características que hay que especificar para el usuario como manual de uso, manual de mantenimiento.

¿Se hablaría de un paquete tecnológico?

Exactamente, para poder comercializarlo. Y no como lo hicimos en primera instancia, como lo llevamos a Molinos Azteca. Era algo todavía muy inmaduro. Con estas experiencias, en ese momento llega la reflexión, no estamos listos, estamos apresurando, no nos comamos las etapas.

Este proceso de aprendizaje ha tomado 10 años. ¿hubiera sido posible acortar ese periodo?

Ahorita yo creo que sí, pero antes quién sabe.

Qué hubiera hecho falta. Es difícil decirlo, pero a la luz de la experiencia, si hubiera posibilidades de recursos ¿se podría acortar mucho este periodo? Que en lugar de 10 años, ¿pudieran haber sido 2 o uno?

No creo que tan corto. Porque el conocimiento hubo que generarlo y dio origen a la tecnología, por eso el valor único de esa máquina, porque ese conocimiento es único. Nosotros subimos a las Bases Internacionales Sobre Materiales –CIATEQ tiene su contribución con esos materiales al conocimiento del mundo-, esa fue una gran aportación y el Dr. Chancellor.....

¿Estamos hablando de la caracterización de los materiales?

Si es eso luego para el flujo, después para la parte de la compresión: los modelos reológicos –que de eso fueron las tesis doctorales- con ese know-how que es lo fundamental se hizo esa aplicación. Y la parte tecnológica, donde se origina la máquina, a partir de que se probó el concepto, que salió, que se lo comieron los animales y que la gente se mostró interesada; cuando se llevaron los pellets largos, fue una ruptura porque a mucha gente no le gustó esa presentación, le parecía fea. Finalmente, con el posicionamiento en diferentes mercados el producto fue aceptándose.

... Te interrumpí, decías algo del Dr. Chancellor...

Cierto... que con su guía se lograron todos estos modelos. Se llama William Chancellor y es profesor emérito de Davis, de la Universidad de California en Davis. Una maravillosa persona. Apoyó a Guillermo y a Agustín en sus tesis doctorales. Ellos fueron los dos primeros doctores del PICyT. Con el extrusor se graduaron también una gran cantidad de maestros.

Es decir que el otro producto de este desarrollo ha sido la formación y el conocimiento de los ahora doctores.

Así es. Y para mí en lo particular, fueron mis primeras experiencias en tratar de hacer transferencia de tecnología, de vender tecnología, se hicieron varios modelos para renta, venta, en Excel: cuánto se debía cobrar... Fue interesante.

... y es algo que todavía está pendiente. Ha habido diferentes intentos e interacciones con posibles clientes, pero no una transferencia tecnológica formal.

Formal no, pero si tú lo ves, cuando se decidió rentar eso es equivalente “te lo doy úsalo pero todavía es de CIATEQ, si quieres otro te lo hago y te lo rento” ése es el negocio no tratar de vender las máquinas, lo más importante es el producto.

Bajo el supuesto, que es muy válido, de que el producto funciona, hay un mercado, ¿lo que faltaría es lograr hacer una transferencia tecnológica apropiada y difundirlo?

Ese extrusor no ha salido a ninguna feria, eso es un gran pecado. Lograr la credibilidad también es un problema, así como tenía gente que apoyaba, había otras que no, detractores; y seguí empeñado en que eso pudiera ser la diferencia, es decir, la ventaja tecnológica estaba basada en conocimiento generado, conocimiento profundo y propio de la institución. Por eso las tesis doctorales de ellos no estaban en la biblioteca, tenían ahí cosas con esa ventaja tecnológica. Cuando se patentó ya no hubo que cuidar tanto.

Yo era como el asesor interno, como no tengo el doctorado, fue el Dr. Chancellor quien suplió en todo eso, pero trabajábamos de la mano. Lo que pudiéramos haber hecho, si hubiéramos tenido una UVTC o gente que pudiera ofertar las tecnologías... Lecumberri fue más listo que nosotros en ese sentido, porque inmediatamente llamó a los otros ganaderos. Eso lo pudimos haber hecho nosotros y no solamente los de esta zona, sino de Toluca o del norte, de lidia... por que sabíamos que estaba pegando por ahí, pero no teníamos a nadie que promoviera la cartera de productos. Una vez le dije a la Dra. Bernal que por qué no ponía ella la mitad del salario y nosotros la otra y contratábamos en un *outsourcing*, y su respuesta fue “¿ventas nosotros?! ¡no!” (risas). Se acabó la plática.

Eso reduciría los tiempos, -contestando a tu pregunta- porque mucho de esto se hubiese podido superar con ventaja si se hubiera promovido, el extrusor no conoce ninguna feria agrícola, faltó la difusión. Una vez nos fuimos a Ezequiel Montes, agarramos un bulto de esos y nos acercamos con un señor que vendía alimento nutricional y le dije que si nos dejaba exhibir un poco el producto; preguntó qué es, lo leyó, preguntó cuánto vale. Le pedimos que lo diera al precio de venta que considerara y se lo dejamos, el dinero es para usted, pero nos va a decir cómo ‘pegó’ el producto... Y lo vendió todo.

Después pregunta el tipo “Y cómo lo hacen” –con una máquina- “¿y es eléctrica? Porque aquí tengo este transformador y me gustaría saber si la puedo comprar”. Ese tipo de acercamientos fueron de manera informal. Se pudo haber hecho sistemáticamente para que el producto llegara más a la gente.

Creo que se ha cumplido muy ampliamente el propósito, hay una experiencia valiosísima que se está recogiendo aquí, maestro Baquero, y gracias por compartirla.

3.2 Dra. Guadalupe Bernal

ENTREVISTA A LA DOCTORA GUADALUPE BERNAL EL 18 DE OCTUBRE DE 2013. BUENOS DÍAS DOCTORA BERNAL, GRACIAS POR SU TIEMPO. GRACIAS POR RECIBIRNOS PARA PLATICAR ACERCA DEL PROYECTO QUE ESTÁ DESARROLLANDO CIATEQ, ALREDEDOR DEL EXTRUSOR PARA PRODUCIR ALIMENTO PARA GANADO. SABEMOS QUE USTEDES EN LA UAQ HAN APOYADO ESTE PROYECTO. POR FAVOR PLATIQUEMOS COMO FUE ESA PARTICIPACIÓN.

Dra. Bernal: Más o menos en el 1998 se organizó un congreso sobre forrajes y esquilmos agrícolas para la alimentación animal. Conjuntamente con el Dr. Juan de Dios Garza que entonces trabajaba en el INIFAP, en el CENID que está en Ajuchitlán, por lo que él y yo nos conocemos desde la carrera –yo estaba en la dirección de investigación y posgrado- y me preguntó si los podría apoyar y lo hicimos, incluso el Dr. Muñoz asistió y de ahí empezó él a buscar todo lo de los forrajes toscos. Yo lo conocí brevemente entre la multitud, y no volví a saber de él hasta el 2000 cuando ya había empezado un proyecto en SIHGO y el Dr. Garza trabajó con él, mismo que me lo refirió. Yo no tenía ni idea de qué me hablaba, porque es muy ingenieril y entusiasta. Adaptamos las ideas que había elaborado con Juan de Dios.

Dra. Bernal: Le dije “lo primero es ver que no dañe al producto”, aunque era un rastrojo que ya no sirve, pero tiene calidad nutritiva, veremos si esa calidad no se ve afectada. Y empezamos haciendo una pruebas de puro rastrojo comprimido, nos prestaron unas vacas en el rancho GV, ubicado entre Chichimequillas y la Griega, y nos sorprendió la manera en que los animales aceptaron el producto –eso fue en el año 2000, aunque por ahí debo tener las fechas exactas, si quiere se las puedo mandar- con base a eso le dije al ingeniero “¡Sí sirve!”. La idea original era comprimir los forrajes toscos para que se llevaran a la Sierra en épocas de sequía y hemos seguido oyendo en las noticias que no hay forraje en la Sierra, y la solución la tenía la ganadera ahí.

Dra. Bernal: Enseguida vino una convocatoria de Fundación Produce y ahí la empezamos a evaluar. Peleamos mucho con la fundación para que nos aprobara, hasta que lo hicieron. Fue entonces cuando le sugerí al ingeniero incluir una ración integral, puesto que lo ideal en el ganado es que coma de todo, y así fue: toretes para borregos y se vio la oportunidad para conejos; de esa manera fue evolucionando el concepto. De estos trabajos salieron tres tesis, mismas que se presentaron en la reunión de investigación pecuaria en Cuernavaca, causando furor entre los asistentes ya que en esta reunión se toman en cuenta la parte de investigación y la de transferencia de tecnología; traen a ganaderos de todo el país y los llevan a ver los sistemas de producción.

Dra. Bernal: Aquí es donde se demostró que la calidad nutritiva no se afectaba. Otro pequeño paso: resultó que los animales ganaban más peso y el producto fue más efectivo, ya que cambiaba la proteína; acerca de este tema es que se iba a tratar el segundo experimento en rumiantes. Al mismo tiempo, había un profesor de conejos en la escuela que nos dijo “muy bien para engorda, pero no vaya a tener problemas para las reproductoras”, que les vaya a bajar la fertilidad o algún parámetro reproductivo de las conejas. Para ello regresé con Fundación Produce y los convencimos para evaluarlo en conejas y sus parámetros productivos y fue un éxito. El trabajo se hizo bajo condiciones controladas en la facultad y en condiciones de campo, en Tolimán, con unas productoras de conejos; les regalamos el alimento y lo comparamos contra el de Purina. Los resultados: las conejas ganaron peso, su comportamiento no cambió, es un alimento que vale 50% menos que Purina. Se presentaron estos resultados a la Fundación Produce, pero no ha habido respuesta ya después de varios años. Ellos son los que lo tienen que echar a andar, que tienen que promoverlo, porque finalmente ellos patrocinaron estos trabajos. Tienen una bandera ‘padrísima’ para decir “Fundación Produce, en conjunto con CIATEQ produjeron el extrusor”.

Dra. Bernal: El Dr. Muñoz era sumamente entusiasta, se las arregló para que el proyecto se recibiera; la idea de conjuntar el mezclador con el extrusor y el empacador y hacerlos una planta fue idea de él, de acuerdo a las experiencias que fuimos viviendo en el camino. Finalmente vino el trabajo del Ing. Feregrino de cómo escalar el extrusor. El interés fue mucho, decidimos entrarle al FOMIX y estuvimos varios años, pero nunca se dio el proyecto. Incluso, el Dr. Muñoz conoce al Dr. González Padilla que cuestionaba mucho la utilidad del extrusor desde el punto de vista de eficiencia energética. Yo ya lo conocía porque estuvo en el instituto conmigo...

¿EN QUÉ INSTITUTO?

Dra. Bernal: En el Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, que después se fusionó a formar el INIFAP. (INIP, INIF e INIA) Everardo fue director del INIP, donde yo era estudiante. Me decía "Tú me tienes que demostrar que la energía que le metes es la energía que sale", por lo que hicimos cálculos de la energía metabolizable y la energía de producción de los animales y todo cuadraba. Pero no era posible convencerlo. Después ya no supe si le dieron el proyecto al ing. Feregrino...

A ÉL TAMBIÉN LO ENTREVISTÉ. CONOCIÓ EL EXTRUSOR EN 2005 EN AGUASCALIENTES PORQUE SE LE MANDÓ AL DR. JÁUREGUI. EL ING. FEREGRINO SE LO LLEVÓ UN TIEMPO A PROBAR Y LO REGRESÓ ENTUSIASMADO EN TRABAJAR CON ÉL PERO EXPUSO LAS LIMITACIONES QUE TENÍA, POR LO QUE PROPUSO HACERLE MODIFICACIONES PENSANDO EN UN DESEMPEÑO INDUSTRIAL. DESPUÉS DE ALGUNOS AÑOS SE ATENDIERON PARTE DE ESAS LIMITACIONES, LLEVÁNDOSELO EN EL 2008 Y DESDE ENTONCES LO SIGUE PROBANDO...

Dra. Bernal: Pero sólo uno. Porque después se hablaba de hacer varios o uno grande, porque la capacidad por hora para la planta de él era muy pequeño.

SÍ. SIEMPRE SE DISCUTIÓ ESO, POR LO QUE ME HAN DICHO, QUE SI EL ESCALAMIENTO CONVENDRÍA PENSARLO EN UN EXTRUSOR MÁS GRANDE, QUE EVIDENTEMENTE TIENE UNA COMPLEJIDAD TÉCNICA IMPORTANTE, PORQUE NO SE COMPORTAN LINEALMENTE LOS ESCALAMIENTOS. ENTONCES SE PENSÓ EN TENER TRES TRABAJANDO EN TÁNDEM O LOS QUE SE NECESITEN... ESO SIGUE COMO UNA INTERROGANTE, PORQUE DESARROLLAR UN EXTRUSOR MÁS GRANDE PARA VALIDAR QUE EFECTIVAMENTE CONVIENE MÁS TENERLOS EN TÁNDEM O COMO UNA SOLA MÁQUINA GRANDE NO ES SENCILLO, COSTARÍA MUCHO DESARROLLAR Y EVALUAR ESO.

Dra. Bernal: Claro. Hicimos otro trabajo con residuos de panadería, en Amazcala. La idea era que CIATEQ y la escuela produjeran alimento y lo vendieran. Pero teníamos que conseguir dinero para el motor, porque con el carro mezclador tenía limitaciones, pues el tractor que teníamos en Amazcala no tenía la suficiente potencia, pero obviamente la Escuela Veterinaria no iba a comprar un tractor. El Dr. Muñoz sugirió un motor eléctrico, aunque ya no se nos dio. La idea era producir el alimento para borrego, para cabra, toro, pero la escuela tampoco tiene la infraestructura humana para hacerlo. Tendría que haber una unidad paralela a la universidad que se dedicara a eso, al desarrollo tecnológico. Por ejemplo ahora seguimos produciendo conejo y la línea de comercialización no la tenemos.

¿NO HAY EN LA UAQ UNA UNIDAD DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA?

Dra. Bernal: Sí. Está la Dirección de Vinculación con el Dr. Ventura. Se trabajan proyectos con la industria: PROINNOVA, INNOVATEC.

¿USTED TAMBIÉN CONTACTÓ AL ING. LECUMBERRI?

Dra. Bernal: No lo conocí, pero Dr. Muñoz estuvo produciendo alimento para él. Supe de la experiencia con él, que funcionó muy bien y luego hizo su propio extrusor.

HAY DOS MENCIONES QUE ME HACEN ALREDEDOR DE ESTO DE LA PROTEÍNA, UNA POR PARTE DEL DR. ESCAMILLA Y OTRA DEL ING. FEREGRINO, MI INTENCIÓN ES DE QUE USTED ME PUDIERA EXPLICAR PARA TENER CLARO ESTE CONCEPTO DE LA PROTEÍNA. USTED CONOCE QUE LOS ANTECEDENTES DE CIATEQ ESTUVIERON EN EL TEMA DE TRABAJAR CON LOS INGENIOS AZUCAREROS, EMPEZANDO CON ELLO LA INQUIETUD POR EL MANEJO DE LA BIOMASA, HAY DESARROLLOS COMO UN LEVANTADOR PARA LA CAÑA SIN METER PIEDRAS A LOS MOLINOS, SE PATENTÓ, ETC... ENTONCES AGUSTÍN ESCAMILLA SE DOCTORÓ CON UNA TESIS ACERCA DEL MANEJO DE MATERIALES A GRANEL Y GUILLERMO SE DOCTORÓ CON EL TEMA DEL EXTRUSOR. HAN TRABAJADO MUY DE CERCA. AGUSTÍN DECÍA: "UNA DE LAS PREGUNTAS QUE SIEMPRE NOS HACÍAN ERA ¿POR QUÉ AL EXTRUIR EL RESIDUO SE TIENE MEJOR DIGESTIBILIDAD? EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN SE CALIENTA, LO CUAL SE PUEDE NOTAR POR LA HUMEDAD, EL AGUA, EL MATERIAL SE EVAPORA, POR EL CALOR QUE SE GENERA EN EL PROCESO MECÁNICO DE FRICCIÓN; ASÍ EL CALENTAMIENTO HACE QUE HAYA MÁS CELULOSA DISPONIBLE. ESTE PROCESO MECÁNICO DE SEPARACIÓN DE LIGNINA Y CELULOSA HACE QUE EL GANADO LA DIGIERA. "FEREGRINO COMENTA: "EN EL PROCESO LOGRAMOS TIPIFICAR Y BALANCEAR UNA REACCIÓN QUE NOS AYUDA A LAVAR LA CAPA DE LIGNINA,

SUSTANCIA QUE SE ENCUENTRA EN LA SUPERFICIE DE LOS MATERIALES QUE EL EXTRUSOR TRABAJA, Y A ROMPERLA. ENTONCES, JUNTO CON LA CATÁLISIS QUE FORMAMOS Y EL PROCESO TAN SENCILLO DEL EXTRUSOR, PUEDES TENER UN PRODUCTO ECONÓMICAMENTE VIABLE PARA EL USUARIO. YA NO SÓLO ESTÁ RECIBIENDO UNA BIOMASA DE RASTROJO DE BAJO VALOR NUTRIMENTAL, COMPRIMIDA Y FÁCIL DE TRANSPORTAR, SINO QUE OBTIENE UNA BIOMASA BENEFICIADA DE UN PROCESO QUE MEJORA LAS CONDICIONES DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN LOS RUMIANTES.”

Dra. Bernal: No, no está bien ese concepto. Aunque los dos tienen algo de verdad. Nosotros hicimos una prueba de digestibilidad y no encontramos diferencia, es decir, la digestibilidad de la fibra no se altera ni para bien ni para mal. Muchas veces platiqué con ellos, pero como que no me entendieron. Haga de cuenta que esta es una célula vegetal, rectangular, las células animales son redondas, tiene su membrana celular; ésta también tiene su membrana celular, se llama pared celular; y aquí está el citosol. Éste es 99% digestible. Cuando lo come el animal, como los rumiantes tienen bacterias, ellos pueden romper esta capa, todo esto sale y es digestible. Esta pared celular, si la hacemos grande, tenemos celulosa, hemicelulosa y lignina. Entre estas capas también hay nitrógeno, proteína, que se asocia a la pared celular. Esto hace que el forraje tenga diferentes niveles de digestibilidad: más celulosa, más digestible; más lignina, menos digestible.

Dra. Bernal: Cuando usted somete a calor, el calor genera una reacción que se llama de Maillard (una reacción que con ciertas funciones de calor, humedad y presión, pasando los 60 grados), en donde los carboxilos de los carbohidratos se adhieren a los grupos aminos de la proteína y esto no lo rompen ni las bacterias. Hay unos hongos exclusivos que lo rompen, pero no están presentes en el rumen. La temperatura del extrusor a veces llegaba a 100 grados, solamente en la salida, adentro no, sólo a veces porque explotaba sobre todo en el pellet de conejos. Sucede que la lignina, un polifenol de una composición muy variable, empieza a incrustarse y a ser indisponible a la hemicelulosa que es digestible y a la celulosa que es digestible en el rumen. Cuando empieza a hacer esta polimerización la digestibilidad se va para abajo, y el nitrógeno asociado a eso queda atrapado, este nitrógeno no se aprovecha. Por eso, en parte no es cierto.

Dra. Bernal: El calor daña las cosas, no favorece. Lo que el Ing. Feregrino no me entiende, para lo que yo le pedía el dinero, era para demostrar qué pasaba en cuanto a este nitrógeno (señalando al esquema que realizó), que en la alimentación del rumiante se divide en nitrógeno soluble e insoluble. El soluble, que viene de la urea, tiene un patrón de fermentación rapidísimo; y luego vienen otras fracciones que ya son nitrógeno asociado a la proteína que tiene diferentes grados de solubilidad dependiendo de los aminoácidos que estén presentes ahí; y está después el nitrógeno insoluble que es el que se asocia a la pared celular. Lo que nosotros queríamos hacer era fraccionar esto para ver si el nitrógeno estaba en la fracción A, B o C para saber si el proceso en el que estábamos sometiendo alteraba estas proporciones. En el mercado, el alimento integral no sólo lleva el forraje, sino pasta de soya, de ajonjolí, urea, y todo esto al pasar por el calor, ¿se solubiliza o se insolubiliza? Es lo que queríamos demostrar, pero ya no se pudo. Al no entender estos conceptos, lo que dicen no es del todo verdadero. Es por ello que queríamos dar ese último paso. Finalmente se ve el producto, que era lo que queríamos.

ES DECIR, EL RESULTADO ES POSITIVO, PERO NO SE SABE QUÉ ES LO QUE ESTÁ PASANDO PORQUE HACEN FALTA ESOS ESTUDIOS.

Dra. Bernal: Exactamente. Sólo para refinar y decir “se debe a eso”, así como se han caracterizado otros productos: el salvado seco de cervecerías está bien caracterizados, la fracción de nitrógeno que tienen y eso sirve, conocer a las materias primas, cuando se es fabricante de alimentos o balancea una ración, sabe a qué velocidad se va a fermentar para que se empaten los componentes que utilizan los microorganismos para sintetizar su proteína y ser proteína para el animal.

ME CAUSO UN POCO DE INQUIETUD EL ESCUCHAR ESTAS OPINIONES, PERO PLANTEADAS EN TÉRMINOS DE MERCADO, Y DECIR “SÍ HAY UNA VENTAJA COMPETITIVA O NO” EN EL PROCESO MISMO. ESA SERÍA PARA MÍ LA PREGUNTA.

Dra. Bernal: Cualquier nutriólogo al que le diga que metiéndole calor favorece el aprovechamiento de la fibra, le dirá que no sirve.

AGUSTÍN MANEJABA MUCHO LA IDEA DE QUE HABÍA UN PROCESO MECÁNICO DE ROMPER LAS FIBRAS Y QUE ESO AYUDABA...

Da. Bernal: Existe y ellos deben de tener la literatura en la FAO, en donde se habla de los tratamientos químicos a todos los desechos agroindustriales. Cuando era el INIP, en los 70's y 80's hizo muchos trabajos para mejorar la calidad nutritiva de las pajas y rastrojos. Tratamientos a través de calor, sin calor, pero junto con sosa, amonio, pero era muy difícil de manejar por los trabajadores; pero esas sustancias sí hacen que se rompa aquí (señalando su esquema), entonces sí te deshaces de lo malo y te quedas con lo bueno. Eso es lo que hace el hidróxido de sodio y el hidróxido de amonio, entonces se favorece a la digestibilidad, pero el calor no, por lo menos no arriba de 60 grados.

AGUSTÍN DECÍA TAMBIÉN QUE ÉL CREÍA QUE LO QUE ESTABA HACIENDO ING. FERREGRINO ERA METER UREA EN UNA CANTIDAD CONSIDERABLE, PERO ESO TIENE UN RIESGO SI SE EXCEDE ¿NO?

Dra. Bernal: Depende, porque si el producto ya lo lleva, de qué tanto se volatilizó en el proceso y a la hora que come el animal sí se pudiera intoxicar con la urea, pero si la urea ya se destruyó como tal, a lo mejor sólo quedan algunos grupos aminos que no producen problema. El ganado no puede consumir más de 4% de su ración en urea, porque lo intoxica. Por eso hay que tener cierto cuidado. Con Juan de Dios trabajaba mucho, porque él me cuidaba todo eso a la hora de balancear; lo analizábamos en el laboratorio y tenía que estar así, si no la ración no estaba bien hecha.

USTED SE REFIRIÓ A LAS PRUEBAS CON DIFERENTES ANIMALES: RUMIANTES Y CONEJOS...

Dra. Bernal: Rumiantes y el conejo es un lagomorfo, pero es básicamente un roedor, comen mucha fibra y son herbívoros, son animales que nos favorecen el uso de la fibra... (interrumpida)... La ventaja del conejo para utilizar la fibra, porque su estómago es igual al nuestro, la diferencia es que el del conejo tiene dos ciegos muy grandes en su intestino grueso, en su digestión el alimento pasa primero por el ciego donde está lleno de bacterias, como nosotros el apéndice, que pueden consumir la fibra, pero en esa primera pasada el animal ejerce la coprofagia directamente del ano; consumiendo ese pellet, mismo que lleva todos los nutrientes de lo que ya se digirió parcialmente y de lo que la fibra y otros componentes fueron convertidos a microorganismos.

PERO A FIN DE CUENTAS EL PROCESO DE EXTRUSIÓN, EL PRODUCIR EL ALIMENTO ASÍ ES ÚTIL EN AMBOS CASOS Y TODOS LO RUMIANTES...

Dra. Bernal: Las vacas, borregos, jirafas, toros de lidia, cabras, etc. ellos tienen ese rumen que favorece la digestión de la fibra y en ellos evaluamos precisamente eso. Aprendiendo, porque el ingeniero no le quería meter melaza, porque eso nos encarecía la ración, además de que manejarlo es difícil. Solamente se obtiene la melaza comprando una pipa. No recuerdo quién lo propuso.

PUDO HABER SALIDO DE CIATEQ POR EL TRABAJO QUE SE HABÍA HECHO CON INGENIOS PUESTO QUE LA MELAZA SE VEÍA COMO UN DESECHO DE LOS INGENIOS AZUCAREROS.

Dra. Bernal: Sí porque cuando empezamos a trabajar con los pellets de los borregos se nos desbarataban. Si usted revisa la literatura de los extrusores o pelletizadores industriales usan bentonita e inyectan presión, de tal manera que el pellet difícilmente se rompa. Por lo tanto se usaba poco la melaza para que no subiera mucho el costo.

¿USTED CONSIDERA QUE EL PRODUCTO ES BUENO, EL ALIMENTO EN SÍ ES BUENO?

Dra. Bernal: Si la dieta está bien balanceada la extrusión no la altera, o si lo hace es para bien. Lo que ayuda el extrusor es que el material llena sus requerimientos de materia seca que es lo primero, porque si usted le da puro rastrojo tiene y se tiene que comer 15kg de materia seca se va a llenar. En cambio, si le da 15kg de cubos o pellets y se los come. Además de los beneficios que ha visto: no se desperdicia, el manejo es mucho más sencillo. No sé si tiene los resúmenes de los trabajos que se presentaron...

TENGO REFERENCIAS DE LOS TRABAJOS QUE HIZO LA GENTE DE CIATEQ, PERO SÓLO ES LA PARTE TÉCNICA NO DE ALIMENTOS. ¿USTED NO VIO LA PLANTITA QUE SE INSTALÓ EN CIATEQ, EN BERNARDO QUINTANA? PORQUE ESE FUE UNO DE LOS CUESTIONAMIENTOS QUE HACÍAN, LA NECESIDAD DE IR PRODUCIENDO MÁS REGULARMENTE PARA VER LA DURACIÓN Y DEMÁS. DADO QUE TRABAJABA BIEN EL EXTRUSOR, PERO CUÁNTO VA A DURAR, QUÉ PROBLEMAS VA A HABER, EN FIN. DESDE EL PUNTO DE VISTA INGENIERIL HABÍA QUE VALIDARLO. HUBO LA NECESIDAD DE ENCONTRAR QUIÉN ESTARÍA DISPUESTO A PAGAR UNA OPERACIÓN DENTRO DE CIATEQ

PARA PRODUCIR. EL ING. LECUMBERRI ES EL QUE ESTUVO DISPUESTO Y ES CUANDO SE INSTALÓ LA PLANTA. FUE COMO SE PROBÓ LA DURACIÓN Y LAS MEJORAS AL EQUIPO.

Dra. Bernal: Faltó esa parte. Tenían que haber tenido un dinamómetro donde lo tengan andando día y noche...

LUEGO GUILLERMO MUÑOZ CONSIGUIÓ UN APOYO PARA INSTRUMENTAR EL EXTRUSOR Y EMPEZÓ A MEDIR CARGAS, TEMPERATURAS, DESGASTES, TODO.

Dra. Bernal: Así como él hizo eso, yo digo que todavía faltaba lo siguiente, dejar un lugar donde el extrusor trabajara día y noche, así como los motores de carros.

Y SE SUPONE QUE EL ING. FEREGRINO LO ESTÁ HACIENDO EN AGUASCALIENTES.

Dra. Bernal: Pues a ver cómo lo está midiendo, porque a veces poca información puede ser peligrosa. No es de mala fe, sino que falta el conocimiento para poder hacerlo.

Y SOBRE TODO SI USTED YA LE HA DADO ARGUMENTOS Y LO INVITÓ A INVESTIGAR EL ASUNTO CON MÁS PROFUNDIDAD.

Dra. Bernal: Él pudo haberlo mal interpretado o yo no le expliqué correctamente y no lo pudo llevar a cabo.

A FIN DE CUENTAS ES UN INDUSTRIAL.

Dra. Bernal: Sí. Y con mucho entusiasmo viendo a sus fines comerciales, le hubiera servido mucho hacer ese pequeño experimento con 30-40 mil pesos. No tengo nada en contra de él, siempre fue muy gentil, y sus razones tuvo para no apoyarnos y ni modo.

EN ESTE CASO, ESTAMOS RECADANDO TODA LA INFORMACIÓN POSIBLE PARA NO TENER MALOS ENTENDIDOS. LO QUE HE PERCIBIDO ES QUE QUIENES HAN TRABAJADO EN ESTO LO HACEN CON MUCHO ENTUSIASMO Y CREYENDO EN LA IDEA. LO QUE SERÍA MI ÚLTIMA PREGUNTA: ¿USTED CREE EN ESTE PRODUCTO? HABLANDO DEL EQUIPO Y LAS POSIBILIDADES DE PRODUCIR CON ESTO, DE QUE SEA UNA RESPUESTA A UNA NECESIDAD.

Dra. Bernal: Yo sí lo recomiendo. A qué nivel, no se lo puedo decir porque depende de ese escalamiento. Pero si yo quiero producir alimento para vender es una buena opción, sobre todo si lo hago con eléctrico y tengo la infraestructura básica para poderlo comercializar. Pienso que ese es el eslabón que falta. Estoy segura de que esto sería una panacea para mandar forrajes a lugares donde no hay a un bajo costo, si quieren extruir forrajes; pero si las forrajeras en Ezequiel Montes lo tomaran, con un extrusor son 500kg/h, sí se puede hacer. Si se truena, en cuánto tiempo lo hace, se va a desgastar la punta, cuánto cuesta...

TRABAJARON 90 HORAS CONTINUAS, APARENTEMENTE CON DOS PUNTAS QUE ES DONDE ESTÁ TODA LA PRESIÓN Y ES POR LO QUE NO SALÍA AL PRINCIPIO. EL CONCEPTO INICIAL DOCTORA FUE OPERARLO CON LA TOMA DE FUERZA DEL TRACTOR EN EL LUGAR, ASÍ NACIÓ LA IDEA. PERO USTED ME HABLA DE LA PLANTA. ESA ES UNA DUDA EXISTENTE PORQUE CREO QUE SE SIGUE MANEJANDO LA IDEA DE QUE MONTARLO A ALGÚN TRACTOR, SOBRE TODO EN ALGUNAS COMUNIDADES DONDE NO HAY ELECTRICIDAD Y SE COMPARTEN EL TRACTOR, PUDIERA SER UNA RESPUESTA. ASÍ NACIÓ EL CONCEPTO.

Dra. Bernal: Lo que discutíamos el Dr. Muñoz y yo sobre la necesidad de ponerlo eléctrico es porque yo lo vivía en la Escuela Veterinaria, no podía distraer el tractor para esto porque es el único y necesitaba recoger alfalfa, entonces es cuestión de organización. Pero nuestro tractor era tan pequeño que no tenía la fuerza suficiente para eso. Es decir, seguía sin ser la solución porque hay que distraer al tractor, al operador, mientras que acá el mismo que opera la planta de alimentos puede hacer todo. Había muchos beneficios en convertirlo eléctrico para algo fijo. Para el campo la idea estaba bien porque así se ahorra la cosecha, el arrastre y mueve el material densificado. Del campo a la bodega. También se hicieron unos estudios de factibilidad, pero como que ellos no entendían mucho...

YO CONTRATÉ ESO CON EL DR. PARADA, EL EX DIRECTOR DE CONACYT. LE PREGUNTÉ QUE SI NOS PODÍA HACER UN ESTUDIO SU EMPRESA INNCOM, ALREDEDOR DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA ESTO. ESTE DESARROLLO TIENE 13 AÑOS YA Y A MÍ ME COSTABA MUCHO TRABAJO JUSTIFICAR CÓMO SEGUIRLE METIENDO RECURSOS A ESTO, AUNQUE SIEMPRE CREÍ EN EL PRODUCTO. YO TENGO UN GUSTO POR EL TEMA DE LAS COSAS DE CAMPO, ESTUVE MUCHOS AÑOS HACIENDO TRACTORES EN MASSEY FERGUSON 12 AÑOS, PERO SÍ HABÍA QUE BUSCAR LOS APOYOS Y ADEMÁS EL ENTREGAR

RESULTADOS LA PREGUNTA ERA: “LO VAMOS A PODER TRANSFERIR, NO LO VAMOS A PODER TRANSFERIR”...

Dra. Bernal: Yo digo que el usuario era la ganadera, las ganaderas de cada lugar. Las asociaciones ganaderas.

Y FINALMENTE SE FABRICARON COMO SEIS. ESTÁN EN PRUEBAS, NO SÉ SI TIENE UNO SOLO FERREGRINO... ¿AQUÍ EN LA UAQ NO TIENEN NINGUNO?

Dra. Bernal: No, nosotros queríamos hacer un convenio y que nos prestaran uno a ver si podíamos hacer lo del alimento.

CREO QUE ES MUY POSIBLE, SE LO VOY A COMENTAR AL DR. SÁNCHEZ PORQUE ÉL ESTÁ MANEJANDO ESTE ASUNTO. SI, SE FABRICARON VARIOS Y NO CREO QUE SE ESTÉN PROBANDO TODOS Y SI A USTEDES LES SIRVE, QUÉ MEJOR...

Dra. Bernal: La cuestión es que tendría que ser eléctrico. Yo creo que sería muy bueno y podríamos promover el extrusor de esa manera, demostrativa. La verdad es un proyecto muy bueno, con aspectos prácticos y académicos. Y ahora usted con la prueba del concepto. (Interrumpida por el teléfono)

PUES NO LE QUITO MÁS DE SU TIEMPO DOCTORA...

Dra. Bernal: Lo que necesite con mucho gusto. Los alumnos se fascinaron, uno de ellos anda trabajando en el campo, se capacitaron en muchas cosas porque tuvieron que entrarle a todo, y era mucho trabajo porque nosotros no teníamos camioneta, pero fue una súper experiencia.

¿Y USTED CREE EN ESTE PROYECTO?

Dra. Bernal: Yo sí. Desgraciadamente hay cosas que no entiendo, por ejemplo lo del escalamiento, que sería padrísimo.

BIEN DOCTORA PUES LE AGRADEZCO MUCHÍSIMO SU TIEMPO Y ENTUSIASMO POR PLATICAR SOBRE ESTO.

Dra. Bernal: ¿Usted es ingeniero también?

SOY INGENIERO INDUSTRIAL MECÁNICO DEL TECNOLÓGICO DE CELAYA, DE LAS PRIMERAS GENERACIONES. AHORA ESTOY EN EL DOCTORADO Y TRATANDO DE TERMINAR CON LA TESIS. HE ESTADO DANDO CONSULTORÍA EN ESTOS TEMAS DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍA.

Dra. Bernal: ¿Cuándo empezó el doctorado usted?

EN EL 2010

Dra. Bernal: Está en tiempo, aquí volverá a venir porque aquí se entregan los papeles.

SÍ. TENDRÉ OPORTUNIDAD DE SALUDARLA, SE LO AGRADEZCO MUCHO.

3.3 Dr. Agustín Escamilla

Entrevista con el Dr. Agustín Escamilla, investigador de CIATEQ, A.C, el 14 de agosto de 2013

Por Víctor Lizardi

Buenos días doctor Escamilla, gracias por recibirnos para platicar acerca del proyecto que desarrolló, o está desarrollando CIATEQ, alrededor del extrusor para producir alimento para ganado. ¿Es correcto describir así el proyecto?

El título que se ha manejado es un **equipo para extruir residuos agrícolas para producir alimento para ganado**. Residuos agrícolas es la concepción inicial y ahora veremos de donde salió todo esto.

¿Cuales son los antecedentes de este proyecto, de donde nace el interés, por que se mete CIATEQ en el tema? ¿Cuál es la génesis de todo esto?

Yo entré a trabajar a CIATEQ en 1991; en aquellos tiempos trabajábamos con ingenios azucareros y nos metimos inicialmente a la parte campo y ahí trabajé en el tema de mecanización y de ahí se empezaron a derivar algunas cosas. Eso fue entre el 1994-1996 empezamos a atender la

preocupación en los ingenios que tenían que mejorar su sector que estaba en crisis -no se porque siempre estan en crisis-. Empezaron a salir algunos clientes en ingenios interesados en mejorar la producción en campo. Empezó a salir el tema de la contaminación que y las primeras y ideas de no quemar la caña de azúcar. Hubo un primer proyecto que hicimos con los ingenios en Jalisco donde la idea era estudiar todo el proceso de mecanización de la cosecha de caña e incluir algunas ideas para el manejo de los residuos. Jalisco es de los pocos estados en donde en los ingenios se hace cosecha mecanizada entonces ahí había cuando cosechan en forma mecánica quedan muchos residuos. Ese residuo de la cosecha lo quemar, la bronca es que empezaron a cosechar caña verde y de ahí quedan muchos residuos. Entonces se vuelve un problema más complejo por que de la cantidad de masa que se están cosechando es muy grande, el 23% del peso total de una caña es residuo. De ahí surgió la idea de desarrollar estrategias acerca de que hacer con el residuo. Surgieron tres opciones: la primera dejar una porción del residuo en el terreno para mejorar el suelo, la segunda opción es llevar parte del material al ingenio y utilizarlo para su combustión y la tercera aprovecharlo como alimento para ganado.

Lamentablemente este proyecto, que lo hicimos junto con otros centros que financió el CONACYT, se quedó a medias porque sólo se pagó parte del proyecto, dimos recomendaciones y se quedó ahí. Entre los años 1996-1999 se quedó ahí estancado. Después en 2000, cuando internamente en CIATEQ se crea el área de investigación, se forma un grupo de investigación que se llamó manejo de materiales a granel, con el antecedente que sus integrantes habían trabajado algo en caña de azúcar, en la combustión y la idea era retomar el tema de los ingenios azucareros. Una área en la que se trabajo fue la relativa a la de combustión del bagazo de caña y otra fue precisamente el manejo de residuos agrícolas de la caña de azúcar para hacer algo, se retomó entonces la idea de utilizarlo como alimento para ganado. Hubo varias ideas, la cosa es que en ese momento no había un cliente que quisiera algún producto, aunque había interés en algunos ingenios en cuanto a la combustión y mejora del terreno no había quién le pusiera un centavo. Cuando había que empezar con la investigación, se decide entonces que un tema sería ver como aprovechar los residuos agrícolas y la razón fue que sería más abierto porque la caña de azúcar es un sector geográficamente muy delimitado en donde pensamos que podíamos hacer cosas, sin considerar en ese momento que el sector cañero tiene siempre complicaciones de organización, políticas, etc. Entonces pensamos que podía ser también el residuo de maíz porque la producción de maíz en México es importante y en temporadas en donde hay abundancia se quema el residuo, en Jalisco, Sinaloa, Hidalgo y el material entonces ni regalado lo quieren.

Pensamos entonces que en temporadas donde hay mucho material porque no se acopia, se le da un procesamiento y después de un tiempo se vende. Y esto se enlazó con la necesidad que había en las temporadas de sequía cuando en las noticias escuchamos que hay muerte del ganado en Zacatecas en Sonora, en Coahuila. Consideramos entonces que puede ser la solución al problema y lo vimos como que fue un gran descubrimiento: acopiamos cuando hay, procesamos y le damos cierto valor, lo guardamos y luego lo vendemos y fin del problema.

Se empezó trabajar en varias ideas. La primera tarea que salió fue averiguar un poco sobre qué necesidades podría tenerse con el ganado en esas temporadas de sequía y lo que averiguamos fue que ese ganado estaba simplemente subsistiendo con alimento para mantenimiento, precisamente para mantenerlo vivo, sin pensar en que ganara peso. Para averiguar las formulaciones nos apoyamos con gente de la Universidad Autónoma de Querétaro para saber más o menos qué composición deberían tener esas mezclas. Las primeras mezclas que se definieron, que nos propusieron, fue una proporción alta de residuo de maíz seco, meterle algo de alfalfa, algo de cráneo y con eso partimos.

Estos residuos tienen baja densidad y eso es una bronca y manejarlos implica altos costos. Realmente hicimos un análisis de costos de manejo en campo, en el ingenio azucarero salen costos razonables. En el caso de residuos de maíz salen razonables los costos de manejo siempre y cuando las zonas geográficas donde se acopia sean bien acotadas. Entonces cómo va la idea se detona al decidir que este material, cualquiera que lo hagamos, deberá de ir densificado de alguna forma. ¿Cómo? no sabíamos si sería como las pacas o de que otra forma. Cuando nos hacen las

primeras recomendaciones formulaciones de mezclas se hace un primer prototipo para densificar y se hicieron unas pruebas en la prensa hidráulica con un dado de forma cuadrada, yo creo que el primer dado fue como de una pulgada y media por una pulgada y media, donde simplemente metimos material triturado y mezclado, residuo de maíz, con algo de alfalfa y granos en una proporción muy baja. Lo metimos al dado, densificados y lo primero que había que averiguar era si la mezcla con esa aplicación de presiones el material se mantenía sólido, vimos que si. Al hacer la prueba vimos que el material, un cubito obtenido con esta presión se mantenía en una pieza, sin deformarse, no se desmoronaban.

Con esta idea entonces lo primero que hicimos, me tocó hacerlo a mí con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, fue juntarnos a algunos productores de ganado de la sierra estuvimos buscando nos juntaron a un grupo de representantes de SEDAR. Yo contacte aquí el de la SEDAR y me dijeron: te puedo conseguir una reunión con productores que estén en la SEDAR. El delegado de la Secretaría de Agricultura me consiguió entonces una cita con todos los gerentes, o el nombre que le den. Me juntó a 15 personas y les explique cual sería la idea, les mostré el cubito y les dije: podemos hacer acopiar residuos en la temporada de cosecha, densificarlos y suministrarlos al ganado. Le llevé 4 ó 5 cubitos de unos 200 gramos cada uno y las cosa es que se compró la idea. Me dijeron suena interesante y de ahí nos hicieron contactos con asociaciones locales y anduvimos en Amealco fuimos a buscar también en Amazcala después platicamos con ellos nos dijeron que sí pero no dijeron cuando, seguimos buscando a través de SEDAR contactamos con gente de Huimilpan y hubo respuesta. Igual llegamos con nuestro cubitos platicamos con ellos y dijeron, bueno si nos interesa.

Entonces conseguimos un fondo que nos apoyó, un fondo de la FUNDACIÓN PRODUCE aquí en Querétaro, nos autorizaron algo así como \$300.000 y con eso empezamos a trabajar en el primer prototipo. donde ya se definió que lo había que hacer una extrusión no en un cubito con un tornillo sin fin y sale un churruto. Se averiguaron otras formas, sin embargo no eran como las más adecuadas, de ahí resulta que se empieza hacerse una tesis de doctorado, del doctor Muñoz, quién empieza a meterse al tema de la extrusión con profundidad. Estudió el material macroscópica y microscópicamente y estudio los modelos matemáticos, los validó y empezó a salir el desarrollo como algo físico: un extrusor cuya parte funcional es un tornillo sin fin con ciertas características en el cuál metes el material que se va bajando en volumen a medida que avanza entre el tornillo y la carcasa y al final sale el churruto. Ese primer prototipo, como estaba dirigido a la zona rurales, en su primera idea, se hizo móvil de manera que pudiera ser conducido por un tractor agrícola y así se conceptualizó y así se construyó.

Todo parecía que iba bien, desde los cubitos que obtuvimos en el laboratorio a los churrutos extruidos parecía que todo iba sin ninguna complicación técnica. Ya cuando se hizo el prototipo resultó que el churruto nunca salió, se revisaron los modelos, se revisó el diseño, se revisó la mezcla y todo parecía estar bien, pero al salir, el caso es que el material se desmoronaba. Se encontró que el problema estaba en la punta del tornillo, en el que había que continuar la hélice. Así se resolvió el problema y se sacó un primer churro que fue de un diámetro como de una pulgada, parecía leño. Con este material se hicieron pruebas con los productores de Humilpan. Nos siguió apoyando la UAQ en la parte de la formulación, se hizo todo un plan de pruebas en la facultad de zootecnia. Con una persona muy reconocida en la facultad quién aparte de trabajar en la UAQ tiene una plantita donde hacen mezclas minerales que te hecho fueron parte de lo que se incorporó en una pequeña fracción. Se hizo todo el plan de hacer los pruebas tanto en la UAQ como con el ganado de la Asociación y salieron resultados interesantes. Resultó que con esta dieta que supuestamente era de mantenimiento hubo ganancias de peso, se logró un pequeño incremento, lo que estaba bien porque no era material para lograr ganancia de peso. El residuo de maíz trae celulosa que es un carbohidratos, simplemente energía, lo que necesitamos para ganar peso es proteína que la proteína está en la alfalfa o en el grano de maíz.

La prueba fue un éxito, incluso hubo un evento de presentación con el Gobernador. La máquina se continuó utilizando en la Asociación Ganadera de Huimilpan. Echaron a andar el equipo un tiempo

pero después tuvieron problemas internos en la Asociación empezaron a tener broncas y eso terminó mal. El equipo quedo con ellos y parado.

Como el prototipo funcionó y las mezclas funcionaron seguimos haciendo promoción, se hizo un proyecto más, CONACYT financió otra parte la investigación. Se validaron otras mezclas y empezamos con la promoción, sin embargo, nos comentó un representante de SAGARPA: “yo considero que tienen una buena idea, sin embargo, les comento cómo está la cosa, cuando viene la temporada de sequía y el ganado empieza a morir lo que realmente quiere el ganadero es que se le pague, si llegan ustedes diciéndoles que con su producto van a mantener vivo al ganado no les conviene por que el gobierno ya no les da el dinero”. Entonces no va ser fácil, esto nos desanimó muchísimo porque la gente en la Secretaría puede percibir las dos cosas: dicen que quieren mantener al ganado pero la realidad es otra, quieren el dinero.

Seguimos con el proyecto que se inició por ahí del 98 y sigue. De pronto estuvo entre que sale un cliente entre que no, mucho de la promoción se hizo con algunos productores directamente y todos lo que querían es que se les diera barato el equipo, que tuvieron algún financiamiento de una institución. Entonces mucho de la promoción dependió de que hubiera recursos de un fideicomiso o algo así. Sin embargo, empezaron a salir en los últimos años algunos interesados que ya vieron el negocio para su propio rancho. Salió alguien de Aguascalientes diciéndonos: “la dieta me interesa la tecnología me interesa”. En determinado momento estuvimos haciendo promoción con varios equipos diciéndoles se los ponemos en sus ranchos los usan y nos retroalimentan si sale algo interesante.

Había momentos en que no les interesaba ni eso. Con esta gente Aguascalientes resultó que si les interesa el proyecto lo y estuvimos probando, ellos hicieron algunas mejoras que nosotros estudiamos. Una de las preguntas que siempre nos hacían era: ¿porque al extruir el residuo se tiene mejor digestibilidad? Al dar los residuos al ganado, se le está metiendo lignina y celulosa, el ganado procesa una parte y lo demás sale, la digestibilidad es muy baja entra un kilo y salen 700 gramos. En el proceso de extrusión el material se calienta, eso se puede notar en el proceso, la humedad, el agua en el material se evapora por el calor que se genera en el proceso mecánico de fricción, así el calentamiento hace que haya más celulosa disponible, ese proceso mecánico de separación de lignina y celulosa hace que el ganado la digiera.

Esta es una de las ventajas que tiene este equipo y la gente de Aguascalientes se dio cuenta al usar el equipo. Ellos lo probaron e hicieron algo más: agregaron algún químico, no dicen que, pero creemos que es algún tipo de urea, quizás amoníaco. Nosotros hicimos pruebas paralelas que indican que el uso de la urea facilita la separación de lignina y celulosa. Pero hay que tener cuidado que es que no se agregue tanta urea o amoníaco a la mezcla por el ganado se muere. Entonces este hombre encontró que al adicionar el agente químico, que lo tiene como secreto, mejora la dieta de ahí el interés por el extrusor porque así la función se mejora y su interés es producir el alimento, primero para su rancho y después para vender. Ahorita con esta empresa estamos haciendo un proyecto dentro del programa de apoyo a la innovación de CONACYT y se están haciendo algunas mejoras al equipo para hacer una plantita. Es la antesala para que para al final de cuentas se cree una pequeña empresa que permita dar la salida a la tecnología y se pueda difundir y comercializar más adelante.

En paralelo a esto sale otro cliente, está en Tabasco y este cliente está utilizando materiales de la región, alguna oleaginosa abundante en esa zona que este cliente utiliza en alimentación para borregos. Teníamos al principio algunas dudas por que la mezcla es diferente a las que habíamos utilizado a base de residuos pero agregando alfalfa y maíz. Nuestra preocupación es que se pudiera extruir, lo que el cliente nos dice: bueno réntenme el equipo y vamos a probar. Parece que si resulta que este proyecto, se está extruyendo y parece que ya se lo van a dar a los borregos. El cliente dice que si esto funciona tienen material de sobra para acopiar y poder vender tanto en la región de Tabasco como en el norte. Ya saben dónde está su mercado y probablemente si hacen alguna estrategia de comercialización buena pueden empezar a lograr vender así norte. Yo la verdad es que pensaría que si hay mercadito y que hay algunos ganaderos a los que sí les puede

interesarse. No sé si ha visto que en algunas temporadas del año pasan por aquí camiones que llevan bagazo de caña, lo están llevando hacia el norte para alimentar al ganado, el bagazo es celulosa y lo único que hace es mantener vivos a los pobres animales, pero les resuelve el problema porque la celulosa la están mezclando con melaza, solo los mantiene, entonces podemos pensar que existe un mercado importante.

Estos son los dos proyectos con los que estamos probando más en serio los productores que tienen ranchos. Este cliente en Tabasco tiene una planta de alimentos balanceados aparte del rancho, lo que quiere es hacer crecer su línea de negocios y sacar un nuevo producto. Hasta ahora no hay ningún convenio ni licenciamiento de la tecnología, tenemos que esperar el momento en que se validen muchas cosas en campo y así definir que hacer. El negocio de estas empresas con las que estamos probando son los alimentos balanceados no las máquinas, entonces mientras sea un suministro de maquinaria a baja escala lo puede continuar haciendo CIATEQ desentendiéndose de los productos de alimentos. Hace años intentamos hacer negocio con Molinos Azteca y cuando nos acercamos con la tecnología de extrusión, dijeron nosotros fabricamos maquinaria y puede ser una parte nuestra línea de productos. Lamentablemente las pruebas que se hicieron con las mezclas que la misma empresa nos daba no se podían extruir por el alto contenido de humedad que tenían. El equipo no funciona, es para material seco, entonces se terminó el trabajo con Molinos Azteca porque además se vinieron otros eventos internos en Molinos Azteca y esto se complicó más.

Hoy el punto importante es que ahorita se está probando y lo que tenemos que hacer es una planta, con nuestro equipo y los sistemas periféricos de mezclado, de alimentación de enfriamiento incluso, por que los pellets salen calientes y así el interés en vender plantitas completas que nosotros habíamos pensado que pudieran estar directamente en los ranchos, esta podría ser una buena opción. Cuando un cliente nada más tiene su ranchito, tiene material disponible posiblemente se le puede vender una plantita pequeña.

Tengo una duda acerca del diseño del equipo Dr. Escamilla, entiendo que el concepto del equipo nace de la idea de densificar el material, se prueba con un dado y una prensa pero se llega finalmente a la idea de que la extrusión es el proceso adecuado para esa densificación ¿es correcto?

Si así se dio

Según entiendo, se diseñó inicialmente para manejarlo con el tractor, accionándolo con la toma de fuerza del tractor, podría relatarnos acerca del desarrollo, del diseño del equipo, de los prototipos, de las pruebas, de todo esto, por que entiendo que finalmente están llegando alguna definición en cuanto a que probablemente no es el concepto del equipo operado por el tractor, sino en una planta. Otra pregunta es si acaso existen o no existen en el mercado extrusores similares al que se diseñó, si existen especialmente para este propósito.

Partimos inicialmente de dos conceptos para densificar. El primero son las llamadas briqueteadoras y el segundo son las extrusoras. La briqueteadora es un rodillo que gira excéntricamente dentro de un anillo, el anillo tiene muchos agujeros radialmente colocados y lo único que hace es que el material se mete entre el rodillo y el anillo y luego lo empuja hacia fuera a través de los agujeros. Este concepto aunque si densifica, es el que se utiliza en las plantas de alimentos balanceados no hace un daño mecánico a la fibra, simplemente la va juntando y propiamente dicho la empaqueta, lo que nosotros buscábamos era hacer daño a la fibra. Esto sólo se logra con el extrusor, el concepto del tornillo sin fin es ir girando el material y lo va empujando y girando, hay un proceso interno de fricción entre el mismo material por diferentes velocidades y eso hace que desmembre, podemos decir, el material y al final de cuentas lo que ese desmembramiento provoca es una unión física como si fuera un cementante. La primera definición era por que método irnos, en la literatura se reportan ambos métodos nada más que hay algunas variantes dependiendo del material que se utiliza. Referían una tecnología que hablaba de extrusión de residuos forestales, y otra tecnología de extrusión de alimentos balanceados donde se

le mete vapor, se hace el material más fluido, pero estamos hablando de algo diferente. Porque con el vapor se reduce la fricción, no hay problema, se bajan las presiones. Aquí lo que se logró es que sin meterle calor adicional de ningún lado sin meterle vapor, se lograra este desmembramiento de material y saliera el churro, el chiste era tener ese material unido.

Entonces para esto lo que estuvo haciendo el investigador fue analizar las propiedades físico – mecánicas del material, al final de cuentas lo importante era la mezcla. Normalmente en el diseño de los productos se mete uno muy poco en esto, pero a fin de cuentas el elemento trabajo es la mezcla y en este caso no estaba caracterizado el material, no encontramos en la literatura alguien que hubiera caracterizado una mezcla de maíz con alfalfa y residuos. Entonces lo que hizo el investigador puede meterse a valorar todas las características físicas y mecánicas: reología, flujo, resistencia al corte, efectos de la energía que guarda el material y luego como se regresa. Entonces analizó todo eso con modelos matemáticos y empezó sacar parámetros para ver qué datos la metería al diseño del tornillo, muchos de estos datos a final de cuentas se utilizaron para el diseño del tornillo que paso tendría, que alturas de las hélices, las relaciones de compresión que son muy importantes conocerlas a medida que el material se acerca a la salida. La literatura reportaba algunos datos y partimos de ahí hasta llegar a nuevas relaciones. Este tornillo que se hizo digamos que tiene una primera parte en donde la separación de las hélices es de un tamaño que se va modificando conforme avanza, de manera que el material a medida que se avanza se le aplica mayor presión y sale por los agujeros. La primera cosa era fabricar ese tornillo junto con su carcasa y vamos accionándolo como podamos, lo primero fue determinar la velocidad de giro que habría que darle y tendría que ser entre 30 y 60 revoluciones. Entonces cuando ya se probó que eso funcionaba debíamos definir con que lo tenemos que conducir, y la primera idea, pensando que sería para zonas rurales donde normalmente tienen un tractor, pues conducirlo con el tractor. Tuvimos muchas complicaciones por que lo primero era que del tractor debíamos transmitir el movimiento al eje a través de una caja reductora e engranes que primeramente la ubicamos con un proveedor en Italia, pero después resultó que no existía, que era sobre pedido, pero finalmente conseguimos alguna adecuación de caja, funciono pero teníamos que meterle un embrague. Entonces era del tractor a una transmisión cardán, a un embrague y a una caja reductora para así conducir al tornillo sin fin. Esta cosa sí funcionó como primer prototipo, pero ya no conseguimos mas cajas, entonces una idea era hacer una caja a-doc pero concluimos que no era buena idea, había que meterle más dinero y no se podía, después buscamos una caja con una relación de reducción menos grande y hacer una reducción final usando catarinas, entonces hicimos una catarina de unos 90 cm de diámetro que funcionó bien. Entonces hicimos la transmisión del tractor, cardán, catarina y al eje del extrusor, se hicieron arreglos con esta disposición y nuestro equipo de inicio se montó al enganche de tres puntos, se llevaba donde se hacían las pruebas se conectaba y se echaba a andar. Trabajada creo a 60 revoluciones, de las 540 RPM del tractor teníamos que bajarla 60 y teníamos una potencia disponible de 40 HP, entonces tenía que ser algo robusto. Funcionó el sistema, muy mecánico, del siglo pasado, pero funcionó y realmente el diseño para los productores rurales no es algo que digan que feo está, al contrario, les da confianza por lo robusto, les es familiar, es algo que no les va a fallar.

Cuando empiezan a salir los nuevos clientes y dicen, bueno estamos pensando en plantitas, tuvo que hacerse modificaciones a la transmisión hicimos un reductor específico para ese equipo, pero vimos que no iba por ahí lo cosa salía muy cara y vimos que por ahí era la cosa. Finalmente encontramos sistemas comerciales que integran motor y reductor. Seguimos usando el concepto de la catarina entonces tenemos moto reductor y de aquí ponemos la catarina grande, una catarina chiquita y así conducimos. Esto funciona muy bien, la bronca del motor-reductor es que si uno busca una reducción directa el precio se incrementa mucho, entonces lo mejor fue buscar relaciones de reducción pequeñas y meter la Catarina, es un diseño robusto, a los usuarios les sigue pareciendo bien y es la solución más barata. Ha funcionado, es como está trabajando ahorita. Considerando otras formas de conducir, pensamos en cosas hidráulicas pero como se trata de alimentos para el ganado, al final de cuentas una fuga de aceite podría contaminar y complica todo. El extrusor no cambia, independientemente de que lo maneje el tractor o una planta, es el mismo, no se modificaron los parámetros, esto da como entre 500 y 800 kg por hora. En el arreglo para plantas lo clientes nos dicen yo necesito que me produzca más, en toda la

investigación que se hizo al buscar el escalamiento se encontró que este es el mejor diseño, entonces cuando nos preguntan como me vas a dar más capacidad , ¿me vas a hacer un extrusor más grande? Nosotros recomendamos que se pongan los que se necesiten en tándem, al final de cuentas la potencia puede ser más grande y se distribuye la energía eléctrica, con la ventaja de que si alguno falla o está en mantenimiento no te afecta a los demás. Entonces el diseño no cambia, en lo que trabajamos es en mejoras para ver cómo se pueden desensamblar y ensamblar más rápido y en una mejora en la punta del extrusor ya que ahí es la zona en la que trabaja más presión, a 30 megapascales y aunque no hay contacto físico entre metales, la presión que ahí adentro se produce es muy alta y hay calentamiento y cuando entra material no está libre de crear tierra o polvo que son abrasivos, sobre todo con el residuo de maíz porque lo colectan con empacadoras, lo recogen del suelo y entra tierra y esto está gastando la punta. Entonces es algo que difícilmente se puede resolver con un nuevo material hemos llegado al límite en cuanto a aleaciones y alcanzan cierto tonelaje. Los clientes están consientes de esto y, bueno si se desgasta la punta, lo que se está haciendo son buscar formas más fáciles de desensamblar el dado y tener una punta intercambiable, aunque aquí ya se avanzó y ya se tiene una punta intercambiable a veces se atasca porque se le mete material entonces hay que estar haciendo algunas operaciones, lo que quiere el cliente es que sea algo más fácil, como todo: bueno, bonito barato.

Son de las cosas que ahora se están haciendo, estamos entrando a una etapa de mejoras, el concepto ya se probó y estamos en etapa de mejorar y es mejorar y así tendrá que seguir siendo.

¿Inicialmente antes de diseñarlo y construirlo se buscó si en el mercado había ya algo?

Sí, se buscó, encontramos cosas parecidas para residuos forestales, para alimentos no encontramos algo parecido, lo más cercano que encontramos fue una máquina que venden en Estados Unidos, una máquina que vimos y es como un cilindro gigantesco, es como una briqueteadora pero grandota. Se le mete el material y lo va compactando y saca cubitos y que lo están usando para densificar residuos, densificar cartón, basura, usos múltiples. Este equipo incluso lo compró una empresa aquí, el dueño cría toros de lidia y se acercó con nosotros, no nos quiso comprar el equipo, entonces compro una Warren and Baerg

Lo usan para muchas cosas para alfalfa pero a la alfalfa no hay que hacerle nada. Este hombre compró una máquina pero no es lo que quería, al final de cuentas descubrió que no es lo que quería. Ahorita también lo que tenemos como cliente pendiente está muy cerquita de CIATEQ. El es criador de toros de lidia, se llama Gabriel Lecumberri rentó el equipo por unos meses le dió el alimento a su ganado y estaba feliz, el ganado se puso muy bien. Después este hombre lo que quiso hacer fue copiarnos entonces tuvo el equipo lo probó y contrató a un ingeniero y trato de adecuar una extrusor para plásticos, hizo su prototipo y nomás no le funcionó. Regreso con nosotros y ahorita lo que anda haciendo es un negocio en una empresita donde da soluciones integrales para el aprovechamiento de residuos. Entonces ahora el nos dice que hagamos negocio, que promueve nuestro equipo y dice que si sale la venta de equipo el nos lo compra y lo vende. Anda promoviendo el equipo en las delegaciones regionales de SAGARPA en Michoacán y en San Luis; todavía no sale ningún pedido pero está en el tintero.

Éste proyecto es de los que han tenido más revisiones: de artículos de todo tipo, de proveedores, etc. se encontró un nichito de mercado porque lo más cercano que se encontró fue un equipo también de extrusión de materiales. pero la mayor dificultad está en la punta hay equipos que funciona sin muchos requisitos de extrusión, simplemente sacan el churro pero la situación, fue la punta para que el producto saliera con las características deseadas necesitaba que se friccionaran entre si los materiales y que se mezclaran y que finalmente se mantuvieran integrados en el producto, sin separarse. Existe una la norma de durabilidad y esa norma dice cuanto material se desprende después de un tiempo de estarlo manejando, dependiendo de la cantidad desprendida de material el producto es bueno o medio bueno o malo.

Dr. Escamilla, según entiendo inicialmente se manejaban el concepto, la idea, del almacenamiento. Porque se aprovecha el material cuando lo hay en el campo y se guarda para la época de sequía, ¿es correcto?, ¿cuánto tiempo se puede guardar y porque se puede guardar?

Este concepto es con el que vendíamos el proyecto. Se densificaba el material, ocupaba muy poco volumen y luego podríamos venderlo, estuvimos haciendo pruebas y seguramente todavía debe haber material que se produjo hace 10 años y sigue conservándose. Estuvimos analizando cómo están los periodos de producción de residuos y resulta que hay un periodo de dos meses muy difíciles, en que la sequía está dura, pero se pueden casar los periodos de diferentes residuos: de caña, de maíz, de sorgo, de alfalfa. Por ejemplo, en los meses lluviosos hay un período de producción muy importante de alfalfa y los precios bajan mucho, luego a finales de año se produce mucho maíz y luego sorgo. La idea es aprovechar los diferentes períodos. Hacer siempre mezclas con los costos bajos cuando haya los residuos que permiten hacer unas mezclas baratas. Entonces descubrimos que lo importante son dos meses, bueno entonces almacenamos el material con dos meses por lo menos y lo sacamos y lo vendemos bastante bien. Estuvimos haciendo pruebas con los primeros churros que sacamos, los de una pulgada, se quedaron por ahí en algún lado muestras hasta de 5 años.

La razón por la cual se mantiene eso es por los límites de humedad del 13%. Lo que nosotros manejamos en el campo tiene 10 -12% secado al sol, con lograr 10 -11% el problema de los hongos se reduce y el material no se hecha a perder a menos que se le meta agua. Con esa humedad simplemente no hay chance de que los hongos se desarrollen. Lo que ya no hicimos y que quizás tenemos que hacer, es monitorear a través del tiempo cómo van cambiando las propiedades, realizar análisis bromatológico a materiales en diferentes tiempos para ver como va cambiando la proteína. Tenemos que ver si no se pierden las propiedades, porque una cosa es ver que se mantenga la estructura y otra cosa es saber qué pasa allá adentro. En teoría si no hay algún ataque de hongos no debe pasar nada, se deben seguir conservando las propiedades. Esas pruebas ya no las hicimos porque a fin de cuentas, están usando los materiales en menos de 2 meses. Es más, están extruyendo y dándoselo a los animales en seguida, directamente porque tienen el establo ahí mismo.

Entonces lo que buscan es la facilidad de manejo, pero ¿que sucede en cuanto al aprovechamiento de la fibra?

Lo primero es la facilidad del manejo por la densidad, en vez de manejar 850-900 kgs. Manejan 150 kilos por metro cúbico la diferencia es altísima. En vez de tener pacas de residuos lo que sucede entonces es que se puede bajar a la mitad del espacio o menos y la facilidad de manejo es muy grande porque se puede cargar el material extruido con palas mecánicas, con transportador e incluso con aire si se tiene el equipo. Pero si, definitivamente además de la facilidad de manejo, uno de los principales objetivos es aprovechar la fibra, de otra manera se pierde, lo más grave de todo es que mucho de este material se quema. En Hidalgo, en el distrito de riego 03 se produce mucho maíz. Se llega diciembre, los residuos de maíz baja mucho de precio por que nadie los compra y se quema. Acá en el Bajío la pata de sorgo igual se quema.

¿Se ha probado producir a partir de pata de sorgo?

Si y también hicimos pruebas con residuo de caña, pero allí la resistencia del material es mucho muy alta. Hay mucho potencial, pero es difícil, con los ingenios es complicado y ahí si hay muchísimo material, toneladas de material que se podría aprovechar. Ahí se pueden establecer unos mande esquemas de manejo muy planeado por los periodos de cosecha que son muy definidos intentamos hacer algo pero no nos funcionó estuvimos haciendo convenios con la Confederación Nacional de Productores Rurales de Caña de Azúcar, con un tipo muy difícil, hay ahí una grilla muy grande y ya no seguimos con el proyecto.

Entonces, por lo que nos dice, ha habido una interacción muy intensa importante con usuarios con ganaderos que han probado el equipo.

Si definitivamente, yo creo que relativo a esto de la prueba del concepto una cosa es lo que hacemos los investigadores en el laboratorio y las pruebas que hacemos por que tenemos nuestras preferencias por ciertas cosas y buscamos lo que queremos, pero quién está haciendo la prueba de fuego es el usuario. Por ejemplo en el caso de esta gente Tabasco nos pidieron el equipo y dijeron déjame, sé que va haber problemas pero yo lo resuelvo. Entonces está haciendo mejoras; una vez que el concepto fundamental de extruir está probado, dice: vámonos un poco más allá a los periféricos y el está haciendo pruebas y está definiendo muchas cosas que nos retroalimenta, las analizamos y nosotros le metemos ingeniería.

Con Aguascalientes es similar, ya probó que si se extruye pero le está agregando algo más. La idea esta creciendo cada quien quiere ver su pedacito, en Aguascalientes dicen yo voy a proteger mi mezcla. En Tabasco seguramente van a pensar en proteger el proceso relacionado con los periféricos, que cómo se maneja, que si se entrelaza y finalmente nosotros estamos protegiendo el corazón, el corazón es como se hace la extrusión. Pero lo más importante pues sigue siendo el cliente porque el cliente quiere probarlo, alguien nos dijo: oye tengo una muestra de un estiércol, el estiércol seco queremos usarlo como combustible y meterle algo de aserrín y aceites usados y con esto hacemos un combustible. Le hicimos saber que las características del material son muy diferentes, es mucho más celulosa, entonces es una de las razones por las cuales se ha manejado esto con cuidado, no puede ser un equipo universal.

Cómo que para esta aplicación en combustible quizás haya otras formas, procesos, más apropiadas de hacerlos, quizás briquetas, pero finalmente no se aprovecha la posibilidad de utilizar la fibra como alimento, que es el concepto de partida, pero ¿se han explorado otras aplicaciones de tipo alimenticio pensando en el concepto básico del aprovechamiento de la fibra?

Estuvimos haciendo algunas locuras por el desconocimiento de los mercados, unos productores de conejo que se acercaron con nosotros y nos pidieron extruir alfalfa; se puede hacer con mucha facilidad, hicimos pruebas y sacamos unos churritos de cuarto de pulgada pero lo que no funcionó es que no podíamos controlar la longitud del churrito, para el conejo estos debe ser churritos chiquitos por que desperdicia mucho, agarra uno grande como un poco y lo deja. Hicimos algunas adecuaciones, sacamos un churrito más pequeño cortándolo pero había mucha pérdida porque al cortar se desmorona mucho material y se pierde.

Pero la complicación más importante fue que estos productores necesitan el suministro del material colocado en sus instalaciones porque estos productores grandes de alimentos tiempo la cadena y suministro a un costo razonable con toda la cadena porque nosotros no podemos competir, hay costos de maquinaria, de materias primas, de traslado y cuando empiezas a meter todos los costos de la cadena y no has pensado en la distribución tienes que ver de dónde sale para cubrirlos. Cuando vez esto te das cuenta de que no puedes competir y nos lo dijeron, los productores grandes de alimento pueden ajustar sus costos fácilmente y así los despedazan.

Entonces por ahí no es la cosa, tenemos nosotros una tecnología y debemos ver quien la usa, si es un fabricante de alimentos ya metido en el negocio y lo que faltaba ver es un mercado donde no haya muchos competidores, porque a fin de cuentas estas compañías son unas mafias. Entonces aprendimos que el mercado es el de los rumiantes y estamos en el punto en el que se debe crear una empresa dedicada nada más este tipo de alimentos. La única especie que puede procesar la fibra son los rumiantes y si recordamos de ahí surgió la idea, todo vino de la muerte de los rumiantes por la sequía. Creemos que es un mercado interesante y quizás lo que falta es un buen modelo de negocio.

Entonces, ¿podríamos decir que una respuesta entusiasta fue la de los ganaderos, de las asociaciones, porque tiene necesidades muy específicas y están organizados en pequeños grupos geográficamente bien ubicados?

También aquí hubo algunos desencantos, de inicio la clave era la colaboración con ellos, era lo que buscábamos, decíamos aquí está el éxito del proyecto, pero estas organizaciones tienen sus problemas internos, nos enfrentamos a cambios en la directiva, cuando llega alguien nuevo y ve un proyecto dice pues esto no me interesa. Vimos que tienen una gran capacidad para captar recursos, los buscan y se los dan, pero cuando empiezan a llegar recursos los asociados piensan que hay mucho dinero y comienzan las grillas. Y llega un momento en que esto se hace complicado con ellos. De hecho el gobierno del Estado le puso instalación a esta Asociación de Huimilpan con naves, financiamiento para el ganado y todo. Desgraciadamente, finalmente acabaron de pleito, todo lo que ahí tenían esta ahora abandonado. Lo que hace falta es trabajar con las delegaciones de SAGARPA, para que nos orienten diciéndonos que asociaciones son buenas y con cuáles se puede trabajar y con las que de plano no.

La otra es de plano pensar en crear un negocio con alguien que le interese, buscando ciertos mercados y se que se ponga a funcionar a costos competitivos, por que la competencia es muy fuerte. Nos dicen, que ofreces respecto a Purina por ejemplo, nosotros estamos en costos parecidos, unos centavos más abajo, pero seguramente nos hace falta conocer mejor el mercado. La mayoría de los que tienen ranchos están haciendo sus propios alimentos, tienen sus molinos, remolques, etc., el asunto es que el material que están manejando es a granel y dicen lo que no queremos es que esto sea selectivo y que el ganado no busque nomás lo que le gusta y que deje lo otro, aunque si no les das más después se lo coman. Esto es la ventaja que tiene el equipo, mezcla perfectamente los ingredientes evitando que el animal pueda seleccionar.

Bien Dr. Escamilla a sido muy amplia y rica su narración acerca del desarrollo del extrusor , solo que me restaría hacerle algunas preguntas muy concretas. La primera: ¿cuántos equipos se han construido?

Me parece que cinco, aunque solo 2 se han vendido. Luego construimos me parece que 6 con recursos de un apoyo de CONACYT.

¿Seis en total o aparte de los 5 primeros?

En total se han hecho como 10, vendimos uno a la Presencia Municipal de Salamanca, pero nunca lo ocuparon. Ahí lo que quería hacer era empezar a trabajar con rastrojo de sorgo, porque los presionaban por la quema del sorgo, nos dijeron andamos buscando algo para hacer los churritos para alimentar cabras. Es la misma de siempre hubo cambio de administración y se acabó el programa.

¿Es decir que con esos 10 equipos construidos incluyendo los 6 de este financiamiento de CONACYT considera Usted que el producto ha sido suficientemente probado, que se ha llegado a un nivel razonable de confiabilidad del equipo?

Si, el equipo trabaja perfectamente, es confiable, falta subsanar la parte de la operabilidad en una operación continua, cuando se empieza a necesitar un reemplazo el cliente se queja de que es complicado de desarmar. Ahora respecto a las dietas, cómo en cada regional la dieta depende de lo que hay disponible, tenemos aquí tal y tal cosa y tiene tantas proteínas. Que tenemos en la región pues hay rastrojo de frijol y cuánto tiene de fibra, y si hay pasta de soya pues vemos que se puede hacer. Está muy difícil probar el equipo para dietas muy diferentes, pero por lo menos las 2-3 que se han probado dieron resultado y si hay mejoras reales, pero para seguir promoviendo el equipo siempre se tiene que ver primero la parte de prueba de dietas. Hay quienes están dispuestos a correr las pruebas, pero hay quién dice si estas seguro que extruye yo sé que tengo que darles de minerales, vitamina. Y también hay quien si quiere probar.

Como hemos estado vendiendo los proyectitos es ofreciendo una primera etapa de caracterización cuando son dietas que no hemos manejado antes y la otra es sugerirles que se asocien con su veterinario para que les haga unas pruebas por lo menos de aceptabilidad. Lo que vimos aquí en Humilpan fue al ganado le cuesta trabajo aceptar el alimento, tiene que probar el churrito, romperlo

y luego comerlo. Entonces es necesario trabajar con el tamaño del churrito a partir de media pulgada y podemos probar la aceptabilidad, partiendo de la base de que la dieta fue formulada adecuadamente por alguien que sabe del tema. Y ya con esa dieta probamos el equipo y la validamos. El trabajo es muy amplio, por eso la idea de tener un estudio para crear una empresa haciéndose el estudio previo de qué tipo de dieta, con que materiales y de ahí sacar una línea de 3-4 productos con tal y cual mezcla, pensando que alguna de ellas te puede servir para tu ganado. De ahí que hay muchas cosas que se tienen que hacer, sobre todas las mezclas, es mucho muy variable, nos piden equipo y la garantía de que funcione con cualquier material. Esto no es posible, hay que ver primero la mezcla. Es por eso que damos un periodo de prueba, lo rentamos para que se pruebe por un par de meses y pedimos al usuario que nos retroalimente, si no le sirve cuando menos nos da información útil para seguir trabajando.

¿Entonces, con toda esta práctica lo que se manifiesta es que se está probando el concepto mediante la intervención del usuario directamente en la definición del producto?

Considerando cómo se originó el proyecto, al inicio no hubo un estudio de mercado ni una detección de necesidades, eso salió después cuando ya estaba el equipo y empezamos con la difusión. Entonces fue que se hicieron los estudios de mercado formales, fueron 3 estudios, y se hicieron porque llegó un momento en que insistíamos, buscábamos clientes y todos decían que si pero no compraban el equipo. Entonces dijimos esto no sale, hay que pararlo. Se empezaron a hacer los estudios de mercado y la verdad es que estos estudios como todos, es como cuando va uno a ver al brujo, te preguntan todo de ti y luego te dicen que es un gran producto que se va a vender mucho y que todo mundo le interesa. La verdad es que te crees que hay interés, pero que te revele que hay un nicho del mercado en el que se puede vender, la verdad es que el investigador de mercado dice lo que uno quiere escuchar te dicen que puede ser un gran negocio.

La realidad es que si este era en ese momento un producto nuevo, no se podía estudiar su mercado. No es posible hacer estudios de mercado acerca de algo que no existe.

Lo que sucedió es que se generó mucha información e inquietud. Todo indica que sí, pero no hay una línea clara de por donde. Entonces concluimos que lo más fácil era definir que si había un interesado pues vamos a probarlo y este interesado te va decir la última palabra si vale la pena. Además, hay interesados que son visionarios y creo que con ellos es con los que hay que trabajar.

¿Y en este sentido se ha estado ya trabando ya por varios años, no es así?

Hemos trabajado en esto durante 13 años. La primera prueba se hizo entre 2002 y 2003, la primera prueba con un usuario y fue en Humilpan de ahí para acá se han estado haciendo pruebas, aunque en algunos períodos se ha parado. Y últimamente vuelve a salir el tema, digamos que llega un punto en el que también se tienen que tomar decisiones. Desde el punto de vista del investigador su trabajo nunca termina y el siempre tiene sus preocupaciones y entonces una de las cosas que siempre estuvo aquí presente es que el investigador se le pedía que probara si esto jala, el punto es que si el concepto jala por lo menos con una muestra, hay que seguir avanzando sin poner limitaciones. Entonces aquí lo que se decía es, bueno si salen más clientes vamos a probar con ellos y que pase lo que tenga que pasar y si no jala ya veremos que tenemos que hacer, como lo tenemos que resolver y si no funciona pues esa no es la mezcla. Pero tiene que llegar un momento en que necesariamente hay que decidir qué hacer con el desarrollo, ya de investigación estuvo bien. Vamos a ver en que pasa con el producto y con los clientes, exponiéndose así y si no sale ¿entonces cuando?

¿Y cuál es entonces cuál la perspectiva de CIATEQ para impulsar esto, que sigue, que van hacer?

Entre las ideas que se están manejando es licenciar la tecnología, digamos que el más cercano que está pensando en esto es el cliente de Aguascalientes, esta haciendo pruebas desde su

ranchos, que lo usa como laboratorio, así es como quiere saber si esto jala o no jala. Esta además intentando en hacer una alianza con otra empresa Tecnomeq, que fabrica maquinaria agrícola, dice licencio la tecnología, fabrico con ellos los equipos y ellos hacen la comercialización.

¿Entonces se piensa en licenciar la tecnología para fabricar los equipos? ¿El extrusor está patentado?

Se tienen dos patentes, una ya otorgada al extrusor y otra para lo que es el proceso. Porque no hay que pensar nada más en este pedacito que es el equipo, sino todo el manejo, la preparación, todo, porque a final de cuentas hay muchas cosas que se han estado mejorando, pensando en el manejo de materiales granulados de baja densidad. Entonces todo eso se está protegiendo y se trató de licenciar viendo todo el concepto. Lo que nos comenta la gente de Tabasco es: mira yo con que extrusor jale yo me encargo de lo demás, de adecuar todo lo que haga para que pueda hacerse sobre el equipo. Entonces esa es la idea, hemos visto otras cosas como crear una empresa de base tecnológica y cuando le preguntábamos a la gente ¿estás dispuesto a meterle dinero a esta idea? no había respuesta. La posición no es sencilla, realmente es un proceso muy lento. Cuando empezamos sin conocer realmente el mercado había una idea del impacto social, pensábamos en una solución al problema de sequía, que como concepto está bien. Hoy tratamos de darle una salida, seguramente tiene que haber límites, ¿hasta cuando debe continuarse? y si no sale, pues ya no seguirle invirtiendo. Actualmente ya nos estamos invirtiendo, los clientes que se han acercado cuando menos nos pagan una renta y de ahí hay un flujo y algo de retorno, cuando menos para sostener la idea del negocio. El que quiere hacer negocio pues debe estar bien seguro de que si vale la pena invertir.

¿Entonces actualmente se está viendo como más probable el licenciamiento con este cliente en Aguascalientes?

Sí, creo que es el camino más fácil pensando en que CIATEQ no se puede dedicar a la fabricación, nuestro negocio es otro y si aquí prueba sus esquemas de negocio y le entra con el licenciamiento puede ser un esquema. El chiste es que alguien le entre en serio a esto.

¿Usted piensa Doctor Escamilla que esto no podrá ser negocio para CIATEQ? Seguramente las inversiones en tantos años han sido muy importantes y recuperar esas inversiones seguramente será difícil, estoy pensando en voz alta, y a fin de cuentas quizás lo importante es que se aproveche todo lo que se ha hecho y que finalmente el producto pueda tener una utilización.

Si, lo hemos estado viendo y hemos platicado aquí mucho sobre este proyecto, y decimos pues ya por lo menos vamos a darlo a alguien que le saque un beneficio, todo indica que va ser muy difícil que nosotros recuperemos la inversión.

Si decimos que el producto sí sirve, tendría que haber algo de recuperación. Lenta, muy lenta pero seguramente podrá ver alguna recuperación de inversión. Pero no dejar de mirar que lo más importante es que esto llegue al productor y que se pueda difundir este desarrollo que nació de una visión que se tenía, que salió de un centro de investigación y que está aplicándose, que está teniendo un resultado que es útil para alguien en el país, que llega al mercado, a los usuarios y que tiene finalmente un beneficio.

Muchas gracias Dr. Escamilla por su tiempo y por todos sus comentarios.

3.4 Ing. Juan Carlos Feregrino

Entrevista al Ing. Juan Carlos Feregrino, vía Skype, el 9 de septiembre de 2013

Por Víctor Lizardi Nieto

Como te comentamos antes, cuando te solicité la entrevista, estoy realizando mi tesis doctoral en Gestión de Tecnología, en la Universidad Autónomas de Querétaro. El tema es relativo a la prueba del concepto en el desarrollo de nuevos productos.

Tiene que ver con todo lo que estamos haciendo con el extrusor

Si, lo que pretendemos es ver la factibilidad técnica y la viabilidad comercial.. La tesis es que todo esto es un proceso iterativo entre la tecnología de mercado, como creo que tú lo habrás experimentado también. Por eso el caso del extrusor, creo que puede ser muy ilustrativo. He estado haciendo entrevistas a los investigadores... te comento que sé del proyecto, fui Director General de CIATEQ y me tocó...

Te conozco desde hace años Víctor, nos presento Juan Carlos Jáuregui en una visita que hiciste a Aguascalientes. Creo que acababas de dejar la Dirección General de CIATEQ y hace unos dos o tres años nos vimos en Querétaro en un curso con gente de la Universidad de Cambridge.

Cierto Juan Carlos..... Comenzando con la entrevista, si me pudieras comentar tu actividad actual Juan Carlos. Entiendo que diriges una unión ganadera.

El nombre de la empresa es Unión Ganadera Delicias, realmente es una empresa, una Sociedad de Responsabilidad Limitada, soy el Director General o el Director Ejecutivo. Nuestro Grupo está integrado por cuatro empresas: Unión Ganadera Delicias que tiene la parte de producción pecuaria, producción de leche y de desarrollo de tecnologías de alimentos de valor agregado en base a leche; Agropecuaria Delicias, es la encargada de la parte de comercialización de alimento para ganado, donde está incrustado o 'anidado' lo del extrusor; la tercera es Dairy a Day, empresa que tenemos en Estados Unidos dedicada a la promoción de los productos que hemos desarrollado de la leche; y la cuarta es Tecnodel empresa dedicada al desarrollo de la tecnología.

Están de lleno en el tema de la producción de leche y alimento para ganado. ¿Cómo y cuándo te enteraste del extrusor?

En el año 2005, más o menos, a través de Juan Carlos Jáuregui, buen amigo mío. En aquel entonces estábamos platicando sobre la forma de cómo interactuar el CIATEQ aquí en Aguascalientes y tu servidor, de hecho le hice algunos contactos con empresarios de aquí interesados en desarrollo tecnológico. Juan Carlos me hizo el favor de presentarme algunas patentes o desarrollos que tenían en "el cajón", en el centro.

Entre ellos, un generador eléctrico con biomasa nebulizada y el extrusor, que son a los que pusimos mayor atención. Me consiguió una prueba con el extrusor, que era un equipo muy rudimentario, que me prestaron durante algún tiempo, operando con la toma de fuerza de un tractor. Desde ese momento, el concepto y las posibilidades que le vi, me dio mucho interés. Y lo que vi fue la simpleza del equipo, algo que normalmente ocupa grandes instalaciones periféricas de vapor y energía. Este equipo lo hacía más sencillo, fue lo que observé en ese momento.

De esa interacción que tuve con Juan Carlos, le hice algunas anotaciones: un motor eléctrico, un sistema de alimentación para automatizarlo y controlarlo mejor; y me hicieron caso, no se si por mis comentarios o por iniciativa del investigador, pero en 2008 me vuelve a contactar Juan Carlos –ya estando él en Querétaro- y me dice que ya tiene el equipo con los requerimientos que yo le había pedido. Para esto, yo ya les había regresado el primero. En el 2008-2009 firmo un contrato de arrendamiento con el CIATEQ y me traigo el equipo completo para empezar a hacer pruebas y ver las posibilidades del equipo.

El equipo tenía muchísimos problemas para un uso comercial, es un equipo que tiene muchos paros, difícil de darle mantenimiento, hay que ser preciso con las mezclas que estás trabajando, en fin una serie de cosas que necesitas controlar. Conseguimos recursos de la SAGARPA y yo estoy poniendo otro buen bonche de dinero para hacer un prototipo comercial que cumpla con las expectativas de operación en condiciones de una granja normal.

Bien. ¿Pero en principio tú le viste valor para el ganadero, para el usuario, para el fabricante, etc. para el que pudiera explotarlo?

No. Lo que vi es que, un proceso complicado como el peletizado, lo hacía muy sencillo. De ahí en más tenía muchas dudas, porque teníamos que hacer todavía balances de energía, una buena adecuación para los tipos de materiales, el balance económico del equipo, entonces, es lo que hemos ido trabajando. Algo bien importante es que, cuando tengo el segundo equipo en mis manos, me doy cuenta que el equipo, si bien por sí mismo no hacía gran trabajo, en cuanto a mejorar el valor nutricional de lo que estaba procesando, sí generaba condiciones que podrían utilizarse para hacer una catálisis química. Es decir, el equipo trabaja normalmente con materiales secos y biomásas de muy baja calidad nutrimental para el ganado, pero te genera unas condiciones de presión, de temperatura y de agua libre, porque normalmente el agua que tienes en estos materiales es agua ligada; si tomas estas tres cosas, son la olla express para hacer cualquier reacción química que quieras.

Correcto. Se convierte en un reactor...

Así es, podría convertirse en un reactor, en 2009 empezamos a investigar con diferentes compuestos de diferentes reacciones o tratando de hacer unos aditivos para probar el hacer una reacción química. Y en el proceso logramos tipificar y balancear una reacción que nos ayuda a lavar la capa de lignina (sustancia que se encuentra en la superficie de los materiales que el extrusor trabaja) y a romperla. Entonces, junto con la catálisis que formamos y el proceso tan sencillo del extrusor, sí puedes tener un producto que económicamente para el usuario final es viable. Es decir, a la gente que va a consumir el producto del extrusor, ya no sólo está recibiendo una biomasa de rastrojo de bajo valor nutrimental comprimida y fácil de transportar, sino que obtiene una biomasa beneficiada de un proceso que mejora las condiciones de absorción de nutrimentos a los rumiantes. Y eso es lo que te da espacio para que toda la parte económico-financiera realmente encaje. Es un proceso caro.

¿y cuál es el mercado objetivo?

Es algo que he estado discutiendo mucho con la gente del Centro, a mí me queda claro lo que quiero hacer, pero el Centro no creo que lo tenga claro. Tanto, que todavía tengo la licencia para uso regional (medio limitado), creo que todavía en CIATEQ no entienden, tienen miedo de saber qué es lo que quieren hacer con la tecnología. La tecnología tiene dos mercados ligados. Lo que les digo en el Centro y es lo que creo que puede funcionar, es que necesitamos crear una planta productiva-demostrativa de la tecnología y no comercializar la tecnología, sino comercializar el producto de la misma, el alimento beneficiado.

Los clientes potenciales son las vacas, a final de cuentas los animales se van a comer lo que tú produzcas, por lo tanto, si al dueño de la vaca no lo haces consciente de que se puede comer este producto, tampoco va a requerir de la tecnología para que se lo coma. Primero se debe promover y difundir el uso del producto, del resultado, de la tecnología. Desde hace un tiempo estoy insistiendo en que necesito armar una planta piloto para empezar a producir e introducir el producto al mercado. Una vez que logres educar a los posibles consumidores sobre el uso del producto, les puedes empezar a licenciar o franquiciar el uso de la tecnología, porque entonces ya van a tener una necesidad creada y a utilizar el producto de la tecnología. Si tu no creas la necesidad, cómo quieres que se difunda la tecnología. Hoy en día no hay necesidad de ese producto.

Quizás haya necesidad, pero no se conoce como una respuesta a esa necesidad...

Exactamente, hay una necesidad de alimentación y de biomasa que hoy en día se cubre con maíz, con soya y encarece las raciones; si no le pruebas al usuario que con esta biomasa puedes bajar costos y sustituir a esas importaciones, nunca va a ser consciente de ello. No puedes llegar a venderle un extrusor para solucionar algo que él cree que no tiene solución. Lo primero es ofrecerle la biomasa beneficiada, para que sea consciente de que el problema tiene otra solución, lo empiece a usar y le creas una necesidad y entonces ya le vendes o franquicitas el equipo Y es como empiezas a hacer la masificación de la tecnología.

Nuestro principal competidor para esta tecnología son los molinos de martillos. No es el alimento para ganado, son las alternativas de procesos que puedes tener, y esta alternativa es buena, pero hoy en día, con la forma de construcción de los equipos, es muy caro (alrededor de 40 mil dólares) y con el *overhead* que quiere el CIATEQ, pues casi 80 mil (risas). Y estos equipos en el mercado meta, es que para salir al mercado el equipo no te debe de costar más de 8-10 mil dólares. Es más, la tecnología la tienes que vender casi al costo, el negocio son las refacciones del equipo; todos estos equipos tienen piezas de desgaste y si tú eres el único que puede fabricarlas porque

eres el dueño de la patente y del know-how y de la tecnología, tienes un mercado cautivo cada vez que vendas o regales o pongas en uso un extrusor. Pero tienes que ir por pasos para lograr todo esto, porque si no nunca vas a lograr la educación del mercado ni la penetración del mercado ni el éxito.

- Primero tienes que crear la necesidad educando a los consumidores de la posible opción.
- Crear la necesidad de la tecnología.
- Empezar a suministrar el refaccionamiento.

Así es como veo el modelo de negocio. Lo podríamos analizar de maneras diferentes y no ponernos de acuerdo, pero no veo otra forma en que realmente pueda ser “masificable”.

Te has referido básicamente al precio del equipo y a lo que podría ser negocio del refaccionamiento. Sin embargo, en la medida que lograras difundirlo, podrías gradualmente ir haciendo negocio con el producto.

¡Ah Claro! ¿Pero cuál va a ser el producto? ¿el que genera la tecnología o la tecnología?

Esa es la pregunta que quisiera resolver. Si tú tienes una respuesta para eso.

Es que el producto que vas a vender son las refacciones, es el corazón de la tecnología, no es ni el alimento ni la tecnología, es lo que hay adentro de la tecnología que hace que todo eso pase. Ése es el verdadero producto. Pero para que tu puedas vender ese producto tienes que construir un canal, y para construirlo tienes que educar al consumidor, poner los equipos (tu punto de venta) y luego suministrar el producto a cada equipo.

A ver si entiendo bien Juan Carlos partiendo de la idea de que el negocio es el refaccionamiento, difundir y demás. Pero en última instancia, ¿el negocio último sería estar vendiendo equipos o estar vendiendo, instalando equipos para vender producto?

El negocio es vender refacciones para los equipos, a final de cuentas, si te quieres poner a vender el producto final, la biomasa beneficiada, durante un tiempo te va a dar resultado, pero la competencia u otros procesos te van a alcanzar a nivel industrial. Lo que no van a poder hacer otros procesos es que este equipo es tan sencillo que lo puedes operar a la toma de fuerza de un tractor en cualquier granja del país, sin necesidad de una instalación eléctrica. Eso es lo que no te van a poder sustituir.

Pero por otro lado, entiendo ustedes han trabajado en las pruebas para ver las ventajas que te dan las condiciones en que opera y que finalmente eso te logra hacer una reacción química adecuada para lograr el producto.

Sí, pero en primera instancia necesitas que la tecnología genere un producto superior a lo que te genera un molino de martillos, que ya lo logramos a partir de la reacción química, porque ya beneficia si tienes una mejor absorción. Entonces, si un ganadero quiere usar un molino contra este equipo, tú ya tienes una ventaja competitiva. La educación o la consciencia de que el ganadero necesita este equipo, es que prueben el producto y que vean que es benéfico para su ganado. Es por eso que tienes que comenzar con una planta piloto y comercializar el producto de la tecnología. Para crear consciencia de lo que logra la tecnología. Una vez logrado esto, promueves la tecnología. Una vez que tienes usuarios de tecnología, debes tener un sistema de servicio y refaccionamiento (que es donde realmente está el negocio). ¿Alguna vez has oído la historia de Rockefeller?

Sí la conozco...

¿sabes cuál era su principal negocio?

El petróleo, el queroseno.

Y en un momento, antes de que hiciera su fortuna, ¿supiste cómo creó su canal de comercialización para el queroseno?

A través del ferrocarril.

No. Le regaló a la ciudad de Nueva York todas las lámparas de queroseno en cada esquina. Y luego le vendió el queroseno al precio que quería. Ahí es donde empieza su fortuna. Esto es algo similar, debes tener un canal de comercialización, para un producto único y éste se refiere a las refacciones o lo que lleva la tecnología por dentro, algo que nadie más va a poder hacer ni le vamos a decir a nadie más cómo hacerlo.

Correcto, te entiendo. Juan Carlos, pensando en lo que sigue, ¿estás probando actualmente el equipo?

Ahorita lo que estamos haciendo es lo siguiente, tenemos un equipo con una aleación diferente, porque la que se tenía sufría un desgaste muy rápido y nos encarecía mucho el costo del proceso, lo tuvimos que hacer más competitivo. Ésa es la primera parte; después de la prueba de aleaciones, sigue un diseño para el refaccionamiento, la fácil reparación y mantenimiento del equipo porque tardamos 8-9 horas en mantenimiento, siendo que este equipo mientras menos pare, más rentable.

Terminando las pruebas de aleaciones, viene el diseño de refacciones, así ya tenemos algo a nivel industrial, comercialmente hablando. El punto es llevar esto a un molino o extrusor que cualquier granja pueda tener en un remolque y que pueda “pegar” a la toma de fuerza de un tractor para poder utilizarlo. Éste es el tercer paso, la masificación. Ya estamos trabajando en la ingeniería conceptual del refaccionamiento y mantenimiento, para que ya no sea una manufactura de tipo especial, sino que ya corra en producción en línea. Ya nos estamos adaptando a las mecánicas y procesos de una planta en Aguascalientes y que, teniendo los moldes adecuados y una instalación normal, el costo pueda bajar en un 400%. Teniendo solución a esa parte, viene el diseño del equipo masificable que es para el pequeño usuario.

¿Entonces la planta piloto que proponías era para difundir, pero que piensas del concepto inicial de utilizar el equipo con la toma de fuerza del tractor?

Creo que ese concepto es válido; pero si ves ahora el diseño, ya tiene alimentador automático, controles, etc., el operador lo va a prender y nada más le va a echar pacas encima. Antes con el equipo que teníamos antes, tenía que educar a la gente a qué velocidad, qué tenían que hacer, es decir, era demasiado rudimentario; este equipo es mucho más sofisticado. Pero claro que el concepto inicial es válido por la masificación. Pero como que empezamos en el producto final y se nos olvidó hacer todo lo demás, entonces hay que dar dos pasos atrás, rediseñar el equipo para que pueda trabajar industrialmente, construir una planta piloto, masificar el producto de la biomasa, darla a conocer, crear la necesidad y empezar a ofertar la tecnología. El “pitch” de venta es muy sencillo, en lugar de que yo te lo venda, tú prodúcelo y todavía te vas a ahorrar un poco más de dinero. Te vendo el equipo, lo deprecias en tres años, tiene una vida útil de ocho y a partir del cuarto año el ahorro es tuyo.

Consideras en el estado actual en que has avanzado en la evaluación de todo esto, ¿consideras que es un proyecto viable?

Sí, es un proyecto viable, pero todavía estamos en etapas tempranas. Algo que me sorprende es que el investigador creía que ya tenía un producto final, él estaba convencido de que su equipo era perfecto. Y no era así. Le faltaba mucho para llegar a una etapa de mercado final. Tenía muchos detalles y muchas cosas que solucionar antes de llegar a ser un producto final.

Y qué seguiría en cuanto a prueba y validación, hablaste muy claramente y lo entiendo muy bien el tema de la difusión, haces énfasis en la necesidad de difundir y de crear el interés, la necesidad. ¿Qué sigue entonces?

Hoy, dentro de todas estas pruebas, lo primero es validar que tenemos un equipo confiable, eficiente y económicamente rentable. Creo que con estos puntos que estamos atacando: de aleación y refaccionamiento, lo vamos a lograr. Claro que hasta no verlo y probarlo no puedo decir otra cosa. Una vez que tengamos esto cubierto y que nosotros confiemos bien en el equipo, entonces lo que sigue es montar una planta piloto o una planta comercial para probar comercialmente el equipo; bajo condiciones de producción real, probar el equipo y comercializar el alimento. Entonces logras dos cosas: haces la prueba de concepto o la prueba de prototipo, ya del equipo final y lo operas bajo condiciones reales de trabajo, te aseguro que en ese punto aún le vamos a modificar varias cosas al equipo, todavía van a salir muchos detalles. Pero ya estás experimentando a un ritmo comercial, tienes respuesta y retroalimentación más rápida; y por otro lado, ya empiezas, con la producción que generas de esto, la necesidad del alimento.

¿Esa es la que tú considerarías la verdadera prueba del concepto?

Hasta no llegar al punto de decir “yo opero seis extrusores y produzco “x” toneladas por día, y logro que estas toneladas de alimento reflejen “x” porcentaje de ahorro en una explotación ganadera”, hasta ese momento no está validado. Porque todo lo demás van a ser sueños, supuestos, hipótesis. Por lo tanto, hasta el momento en que podamos validar y comprobar todas las variables, el concepto, modelo de negocio y el prototipo no está probado. Si logramos hacer esto, mi estimado Víctor, ya tienes el modelo de negocio. Ya sabes exactamente cuánto le va a costar al

usuario y cómo lo va a operar, cuánto le va a durar; vas a tener más datos para crear los siguientes modelos de negocio de comercialización y masificación. Pero realmente esa planta piloto es la prueba de validación. El investigador le echaba la culpa al usuario de los paros, con cualquier pretexto. El equipo debe de ser capaz de aguantar “las manos” de cualquier usuario. Y tú debes de solucionar esos problemas antes de que el usuario use el equipo, de lo contrario no tienes un producto. ¿Tú crees que John Deere te va a decir que usaste mal un tractor? ¿o que antes de entregarte el tractor ya te solucionó el 90 % de los problemas que vas a tener?

Por supuesto, de ahí nace la confiabilidad de los productos. Entonces tú no entrarías de lleno, supongo, a este negocio hasta no haber confirmado físicamente en una planta que el equipo va a trabajar regularmente y que el producto se va a vender.

Así es. No veo otra forma de validarlo. Tiene que ser bajo una exigencia diferente. Nosotros ya hemos hecho dos o tres procesos de creación de tecnología, y la realidad es que hasta que no empiezas a vender y probar la rentabilidad y rotación del negocio, no tienes nada. Nos acaban de publicar una patente de unos productos que desarrollamos (de leche y otras cosas) y la verdad es que, una vez que empiezas a generar negocios, salen todavía una cantidad impresionante de cosas que hay que mejorar. Tú crees que ya tienes el producto listo, pero en la realidad es que no. Lo tienes que ir refinando todavía durante algún tiempo, para que realmente le des al consumidor lo que necesita. Esto reafirma tu tesis, la validación de la tecnología es un proceso que está muy relacionado con el mercado y la tecnología. No solamente a través del uso, sino de la venta. Y que la gente está dispuesta a pagar lo que tú quieres cobrar por el uso de esa tecnología.

Mencionaste por ahí una patente. El tema de la propiedad intelectual en cuanto al equipo, entiendo que CIATEQ lo tiene patentado o cubierto, ¿hay por el lado del alimento de lo que ustedes han avanzado, también propiedad intelectual que se ha generado?

Sí. de hecho yo tengo dos patentes en trámite, de la reacción química y de lo que estamos haciendo. Y en el convenio que tenemos ahora, toda esa reingeniería que estamos haciendo a los equipos, como la estoy pagando yo, pues ya es de mi propiedad. Sí se está generando propiedad intelectual desde varios frentes y se está protegiendo. De hecho es un compromiso con los fondos que nos dieron: proteger toda esta investigación.

¿Decías que tenías un fondo de SAGARPA que está apoyando todo esto?

Inicialmente nos dio algo de dinero SAGARPA, para empezar este desarrollo aunque no paro de seguir buscando recursos inclusive de “equity” (de capital privado) para hacerlo. Considero que para “equity” estamos un poquito temprano, todavía hay que disipar varios riesgos antes de que esta firma “le entre”.

Y siguiendo por esa línea, ¿consideras que de aquí puede salir un “startup”, o sería un negocio complementario a los que ya tienen?

No, yo creo que de aquí finalmente va a salir un “startup” o, mas bien diría una nueva línea de negocio.

Pero para el corporativo de ustedes.

Sí, esa sería la intención. Lógicamente, respetando los tratos y los convenios que tenemos con CIATEQ, es parte de ello que ustedes reciban lo que es justo.

Bueno, sería una nueva línea de negocios que complementa adecuadamente a las estrategias que, supongo, tienen ustedes como corporativo.

Así es. Nosotros ya tenemos 15 años de experiencia en la industria de alimentos para ganado, sí es parte ya de nuestro quehacer, por lo que ya estaríamos un paso más adelante. No sólo estaríamos comercializando el alimento para ganado sino la tecnología para hacerlo. Estamos logrando la consolidación de un peldaño más en el valor agregado.

Y que, insisto, iría en la línea con toda la estrategia de negocio de su corporativo. ¿Y cuánto tiempo consideras que podría tomar, si hay los recursos por supuesto, para esta prueba que planteas de una planta piloto, de probar el mercado y demás?

Nosotros ya estamos construyendo parte de la planta piloto, parte de la planta de mezclado; tengo que esperar a terminar las pruebas de validación con el prototipo que tenemos, hacer la reingeniería de servidumbre y, en cuanto esté ese proyecto de SAGARPA, igual y consigo recursos para montar la planta piloto. Quisiera que esto no nos tomara más de 18-24 meses.

¿Estás hablando de que para finales del 2015, estaría lanzándose esto?

La realidad es que pudiera ser antes, pero la velocidad con que trabaja el Centro no es la más – perdón por la crítica- eficiente. Tenemos problemas de burocracia, de justificación. Es complicado

trabajar en la investigación, porque trabajan los investigadores a su ritmo y no es el ritmo de la industria. Si el Centro trabajara a una velocidad mayor, se podría cumplir con esto entre 8-10 meses. Por mi experiencia y el tiempo que tengo trabajando en Centros, te podría decir que la parte que tenemos que validar, al ritmo que está trabajando el centro, todavía nos va a llevar un año.

Qué podría detonar el que haya mayor velocidad en esto. ¿un convenio apropiado para el Centro, para tu empresa, donde hubiera más libertad para ustedes, ¿o qué es lo que sería deseable?

¡Qué buena pregunta! En el caso de proceso de investigación que tenemos ahora, no estoy seguro. Se me hace que la misma normativa y la forma de control del Centro hace lenta la operación de los investigadores. Hasta ahora le hemos invertido cerca de 2 millones de pesos y seis meses después no me han podido decir qué parte del presupuesto está ejercido y en qué. (Risas) Por lo mismo se vuelve un poco complicado. Luego salen con cada gasto y cada cosa que, para ser centro de investigaciones sí, pero la iniciativa privada nunca te va a pasar ese tipo de cosas. Creo que viene desde la normativa de los mismos Centros; y la otra es confianza: los Centros necesitan confiar un poco más en los empresarios y viceversa, a final de cuentas también es normativa. Si tuviéramos los marcos legales adecuados y las reglas de operación claras desde un marco legal diferente, todo eso ya estaría resuelto. Hoy en día hay muchos huecos. Los convenios los tenemos que hacer en privado, hay cosas que puedes poner en él, hay cosas que tratas de palabra para poder avanzar y que la normativa no te atore... hay mucho trabajo por hacer ahí.

¿Ustedes podrían continuar con este desarrollo sin el apoyo de CIATEQ?

Sí, definitivamente.

¿Y no hay manera de hacerlo?

La verdad es que somos gente muy seria y yo no le daría la espalda al Centro.

Pero no me refiero a eso, sino a que de alguna manera las dificultades que haz encontrado pudieran subsanarse y dar más libertad para que ustedes avanzaran más rápido. A eso me refiero. Sin que CIATEQ perdiera el interés y los derechos que pueda tener sobre la tecnología.

Si el Centro tuviera la apertura para llegar a algún tipo de convenio donde un tercero operara todo esto, podría ser muy bueno. El problema es entre los mismos investigadores del Centro, por que había un investigador y ahora se salió, no estaba de acuerdo con lo que queríamos, no nos pasaba información ni al nuevo grupo de investigación, todo esto es lo que frustra. Ahora imagínate si recurrimos a un tercero para operar esto, lo que va a pasar. A los investigadores hay que hacerles entender que las ideas que tienen, que son grandes, todavía no están listas para ser un éxito en el mercado y que necesitan de alguien como nosotros que ayuden a llevar ese producto hasta la etapa final. Y que la utilidad de ese proceso se tiene que compartir, porque si no, es difícil participar. Esto no lo estoy haciendo gratis, quiero hacer un negocio y quiero dejarle al Centro lo que es de él, pero la realidad de las cosas es que, al final del día, la parte más pesada de la situación me la estoy llevando yo. Son mis recursos y es mi riesgo. Nadie me va a pagar si esto no funciona. Al Centro ya le pagué su ingeniería, de la misma forma, los réditos, utilidades de lo que esto llegue a tener se deben repartir en la misma proporción.

Juan Carlos, si planteáramos hipotéticamente una situación en la que ustedes hubieran percibido esto en una etapa más temprana y hubieran adquirido, por decirlo así, la tecnología incipiente y los derechos sobre ella, y se hubieran ido por su cuenta... ¿crees que sería una forma socialmente más productiva de trabajar?

Pienso que nos hubiéramos ahorrado el 50% del tiempo si desde el inicio hubiera podido llegar a un arreglo de ese tipo, pero actualmente les he ofrecido un esquema de regalías donde compartamos, pero que me den el uso exclusivo de la tecnología, y se rehúsa el Centro. Por lo tanto, no puedo invertir con la misma velocidad porque no tengo certeza. Si hubiera adquirido los derechos en un "early stage" de esto, claro que hubiera sido mucho más fácil, pero también el valor que el Centro hubiera percibido sería mucho menor.

Bien Juan Carlos. Ha sido muy ilustrativo, muy enriquecedora la plática del extrusor. Nada de lo que hemos comentado tiene ninguna intención de criticar como se ha hecho en CIATEQ ni a ustedes, simplemente tratar de identificar el desarrollo mismo y el futuro que puede tener.

Entiendo bien lo que estás pensando hacer en la hipótesis y creo que puede ayudar mucho, usando esto como ejemplo, de todo lo que se puede mejorar dentro de los procesos. Creo que tenemos que trabajar mucho sobre los roles de cada quien en estas estructuras para la

comercialización de la tecnología y hacer consciencia de lo mismo. Es decir, el que mayor riesgo corre debe de llevar mayor utilidad. Y el investigador debe entender que si te entrega una tecnología a la que todavía le falta para llegar a la comercialización, pues eso tiene menos valor y entender también que a lo mejor si no lo deja ir para que tenga vida propia, pues ahí se va a quedar.

Por supuesto. Hay un conflicto de hasta dónde debe contribuir como un ente público un Centro como éste y cuándo “dejar ir”, esa es la coyuntura. El investigador ve su desarrollo como a un hijo y le cuesta trabajo dejar que “crezca” en otra etapa. Por otro lado, es claro que el investigador vive de eso, de seguir explotando alguna idea o desarrollo, lo que quizá es la limitante, se aferra a su hijo.

Claro. Pero al investigador se le olvida que trabaja bajo el contrato de un Centro y reciben un sueldo, entonces, es parte de su trabajo. Ellos ya están recibiendo una gratificación por hacer esa investigación, por lo tanto los derechos son del Centro. Y el centro tiene que cuidar su rentabilidad y a lo mejor para ellos es más negocio empezar a vender cosas en una etapa temprana aunque su valor no sea tan grande, pero ya tener un ingreso y dejarlo crecer, que aguantarlos hasta que las patentes expiren. Lo que me causa gracia es que esta patente que estamos trabajando con el Centro la inscribieron en el '98, por lo que en el 2018 se acaba. Para cuando la tomé ya llevaba siete años en el cajón, ¿de qué le sirve eso al Centro?

De nada. Por eso la pregunta de si una etapa temprana sería más adecuada, pero cada caso es diferente.

Claro. Habrá que ver las posibilidades y los riesgos, y los montos de inversión para llevarla a una etapa de producto final. Creo que lo que hace también mucha falta en los Centros es analizar las investigaciones y la propiedad intelectual que se tiene y hacer un *assessment* de en qué punto está y cuánto le falta para llegar al punto de comercialización; una vez que se tenga ese *assessment*, sabes qué valor puedes alcanzar y qué tipo de negociación vas a buscar.

Por ejemplo, en una etapa temprana va a ser una situación estratégica donde tal vez no recibas nada, o tal vez una “rentita” de \$10-15 mil al año y le vas a poner en manos de un emprendedor de tecnología, pero si llega a resultar le cobras el 1% de las ventas; pero le estás dando la oportunidad de hacer uso de algo que no le cuesta trabajo cargar para poder crear. Sin embargo, puede haber otras cosas que le pueda solucionar el ahorro de combustible en una turbina a GE un uso específico y que ya está listo para ese cliente, y entonces se la puedes vender a GE en miles de millones de dólares ¿no? Para eso necesitas saber en dónde estás parado. Eso es lo que nos está haciendo falta saber en México: nuestras tecnologías e investigaciones en dónde están paradas, qué les hace falta para poder ser rentables.

Correcto. Muy bien Juan Carlos, no te quito más tiempo. Te agradezco mucho que me hayas dado la oportunidad de platicar contigo sobre esto y me dio mucho gusto poderte saludar y saber que hay un interés, que espero llegue a cristalizar en un buen negocio.

Muchas gracias.

3.5 Dr. Guillermo Muñoz

ENTREVISTA AL DR. GUILLERMO MUÑOZ, EL 16 DE AGOSTO DE 2013. DR. MUÑOZ ME GUSTARÍA QUE NOS PLATICARA DE LOS ANTECEDENTES QUE HAY EN EL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO, PRIMERO QUE NOS DIJERA CUÁL ES EL TÍTULO CORRECTO Y CÓMO LO DESCRIBIRÍA; Y SEGUNDO CUÁLES SON LOS ANTECEDENTES O LA GÉNESIS DEL PROYECTO, SI NOS HACE FAVOR.

Dr. Muñoz: Sí con todo gusto. Empezamos por lo más lógico que son los antecedentes: este proyecto se refleja por los requerimientos de la dirección general –en ese tiempo- de CIATEQ, donde se pretendía aprovechar la biomasa. Originalmente empezaban con ese provecho de biomasa en sus orígenes del área de investigación. Entonces, empezamos con la elaboración de propuestas, hubo una etapa que duró alrededor de cuatro o cinco meses en que nos encargó, en

ese tiempo, el Director del Área de Investigación, el maestro Fernando Baquero, él nos hizo el encargo de definir una propuesta.

...¿DE QUÉ AÑO HABLAMOS?

Dr. Muñoz: De 1997, ahí nos encargó de hacer propuestas en diferentes temáticas que obviamente fueron orientadas por la Dirección General y a mí me tocó trabajar en biomasa. Esa propuesta, después de cuatro meses más o menos, fue presentada ante el CONTEC (Consejo Técnico Interno) y pues ahí se dio precisamente la evaluación y nos dieron la pauta para iniciar formalmente un proyecto de investigación y desarrollo tecnológico. Estamos hablando de junio de 1997 que me presenté al CONTEC y me dieron “luz verde” para iniciar con un proyecto de aprovechamiento de la biomasa; había básicamente dos objetivos: como combustible o como alimentos para ganado. Recuerdo que ese tiempo hice una evaluación de rentabilidad, si usarla como combustible por ejemplo: en los ingenios o en las calderas de diferentes industrias; o esta biomasa ocuparla como ingrediente principal en los alimentos de los rumiantes. La evaluación la hice con ciertas limitantes, sin embargo, encontré que por las tendencias del precio del petróleo los precios de los combustibles seguían en aumento, una tendencia. Hice una evaluación que –si mal no recuerdo- por el 2003 ya se justificaba usar la biomasa como combustible. (Esa gráfica la tengo en mis documentos, por cierto)Y decidimos usar, estábamos en el '97, esa materia prima, esa biomasa, disponible en México del orden de 80 millones de toneladas generadas anualmente y darles un enfoque hacia los alimentos, que era más rentable para ese tiempo. Ya del 2003 para acá ya se empezó ver que también se podría usar como combustible...

...PERDÓN, ESOS 80 MILLONES DE TONELADAS, ¿ESTAMOS HABLANDO DE BIOMASA EN GENERAL PRODUCIDA O QUE VIENE DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS?

Dr. Muñoz: Sí, de hecho el principal productor de biomasa es el maíz, los residuos de maíz representan alrededor de 60 millones de toneladas, de material producido anualmente. Entonces, como puede ver, había un área de oportunidad muy interesante. De manera general esos son los antecedentes, de ahí nos empezamos a desarrollar, siguiendo ese enfoque de elaborar alimentos. *PERO, POR QUÉ EL TEMA DE LA BIOMASA EN 1997 FUE ALGO QUE SURGIÓ, SI FORMALMENTE YA, COMO PROYECTOS ALREDEDOR DE ESTO, HABÍA HABIDO ANTECEDENTES EN CIATEQ O ANTECEDENTES PERSONALES DE USTED QUE HUBIERA TRABAJADO EN ESTE ASUNTO.*

Dr. Muñoz: No, en realidad los antecedentes sí eran institucionales. El Ing. Merino ya había trabajado con biomasa para los ingenios, en bagazo específicamente. Él ya había notado cierta disponibilidad anual; entonces, en los ingenios tenían ya ese problema del bagazo, aunque ya le empezaban a dar solución con relativa facilidad para la combustión en las calderas. Pero ya hablando de la principal materia prima que se produce en el campo (60 millones de toneladas producidas por el maíz) es un material que está alejado de los ingenios, no era rentable. Por lo tanto, en las evaluaciones que en ese tiempo me di a la tarea de hacer, fueron enfocados hacia la rentabilidad y también en la parte de factibilidad técnica, pero con la tecnología en ese tiempo disponible sentía que podíamos enfocarnos en alimentos. Como puede ver, el estudio de mercado y de factibilidad técnica fue muy sencillo en comparación con lo que ahora conozco.

Y ESO FUE EN 1997, DONDE YO ENTENDERÍA QUE SE IDENTIFICÓ UNA OPORTUNIDAD Y UNA NECESIDAD...

Dr. Muñoz: Sí, de hecho la necesidad de mercado que ubicamos claramente fue en las temporadas de sequía. De hecho en 1997, curiosamente, en la UAQ organizaron un simposio para el aprovechamiento de este tipo de materiales, le llamaban ellos *subproductos agrícolas o agroindustriales*. Asistí a ese simposio, me abrió un panorama enorme, porque saqué datos de nutrición de esas materias primas, que son de muy baja calidad. Pero al mezclarla con otros ingredientes que también eran subproductos, pues hacían unas dietas de muy buena calidad y aprovechando un proceso que, en ese tiempo lo llamábamos de **densificación**, pues podríamos elaborar alimentos. Esas ideas la verdad es que no surgieron de mí, sino... obviamente de manera institucional ya existía la biomasa, pero en los bancos de datos que hay en diferentes partes del mundo, en ese tiempo la red ya estaba desarrollada, revisé muchos artículos, vi qué estaban haciendo en ingenios, en industria azucarera, vi qué estaba haciendo la FAO, muchas referencias de literatura y obviamente fui dándole forma al proyecto, de tal manera que empecé con la idea de hacer un equipo que nos permitiera hacer alimentos de un material o de una materia prima que es

muy económica disponible en el campo. Y nos enfocamos a elaborar alimentos como área de oportunidad para la sequía. Y estaban sufriendo año con año los productores ganaderos; por un lado, nos llevábamos la materia prima existente que les hacía falta a los ganaderos y un producto que nos permitía disponer cuando uno quisiera y almacenar con muy buenas características.

SE IDENTIFICA EL PROBLEMA DE LOS GANADEROS, POR DEL TEMA DE LA SEQUÍA Y LA ALIMENTACIÓN, SE IDENTIFICA LA OPORTUNIDAD DE UTILIZAR LA BIOMASA. Y TODO ESTO SE ESTUDIA CON DETALLE A PARTIR DE ESE SIMPOSIO DEL ANÁLISIS DE LA LITERATURA Y DEMÁS... Y FINALMENTE SE DECIDE QUE ES UNA POSIBILIDAD INTERESANTE DE TRABAJAR EN LA SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA. UNA VEZ QUE SE TUVO ESE PANORAMA ¿QUÉ SIGUIÓ?

Dr. Muñoz: ¡Qué buena pregunta ingeniero! Porque viene precisamente la generación de conocimiento. Es decir, en el mundo sí hay conocimiento que generan las universidades, los centros de investigación. Un conocimiento que está disponible. Pero el conocimiento que verdaderamente le es útil para su propio problema, es difícil encontrarlo como uno quisiera para generar la tecnología. Por lo tanto, la primera etapa que hay que hacer es generar el conocimiento para que, una vez que se dispone, ese conocimiento se convierta en tecnología que se pueda replicar y reproducir para lanzarla al mercado. ¿cuál conocimiento tuvimos que generar? Ese conocimiento se refiere a saber, en términos de variables, cuáles le afectan al proceso de elaboración de esos alimentos utilizando esa materia prima específica. Finalmente el proceso de densificación. El primer proyecto que empecé formalmente fue el de identificar de forma estadística qué variables son las importantes en ese proceso. Por ejemplo, (el apoyo comenzó con mis estudiantes) Miguel González era mi estudiante, en ese tiempo nos dimos a la tarea de identificar esas variables, tanto las independientes como las dependientes. Hay muchas maneras de hacer investigación para conocer las variables, pero también como influyen dentro del proceso, de tal manera que yo lo tenga perfectamente controlado o entendido, a pesar de que muchas veces lo utilizamos como caja negra. Pero, como le decía, hay varios métodos. Hay un método de simulación: donde simulas los procesos con programas de computadora; hay simulación física: construimos prototipos a escala uno a uno y estudiamos el proceso; el análisis dimensional con los números adimensionales. De tal manera que yo conozco al menos tres maneras para generar conocimiento.

¿Y QUÉ SE HIZO EN ESTE CASO?

Dr. Muñoz: Nos enfocamos a dos. La simulación: la parte de la simulación numérica y la simulación física, o sea el de construir unos prototipos de prueba o de laboratorio. En ese tiempo el primer paso fue construir una prensa y simular el proceso de densificación con sus variables (obviamente todo esto visto en la literatura) e identificar aquellas que son más importantes para el proceso.

¿Y ESO FUE EN EL MISMO AÑO?

Dr. Muñoz: En el '98 más o menos. De hecho los fondos para ese proyecto, no sé si recuerda: *Determinación de factores estadísticamente significativos en el proceso de densificación*. Este proyecto fue financiado por el *Fondo de energías precompetitivas* de CONACYT. Fue el primero que me autorizaron, me dio un empuje enorme para construir la prensa, los dados, los instrumentos, conseguir los materiales; cómo picarlos, cómo homogeneizarlos y producir unos *pellets* que incluso nos permitieron llevárselo al cliente y que lo viera físicamente. Este conocimiento, finalmente lo hicimos a través de modelos físicos y de simulación numérica. Yo ya empezaba también a tratar de simular los fenómenos reológicos. Ese proyecto contribuyó muchísimo en la generación de conocimiento para controlar el proceso, me definió los factores más importantes y las variables dependientes o respuestas de mi proceso. Para darle un ejemplo, resultó que la humedad, la temperatura, eran los factores más importantes que me estaban afectando. Hice una prueba de siete factores. Entre dos y tres eran los más importantes, sin embargo, escogí cuatro que le afectaban a la calidad de los productos y en la calidad del proceso. En la calidad del proceso me lo daba el consumo de energía. La calidad del producto me lo daba la durabilidad y la densidad. Entonces tenía tres variables: de calidad, de proceso y de producto -La densidad, la durabilidad y el consumo de energía- que me cubrían los parámetros ya de mercado.

CON LA DURABILIDAD, ¿NOS ESTAMOS REFIRIENDO A LA VIDA DE ANAQUEL O NOS REFERIMOS A QUE EL PRODUCTO NO SE DESMORONARA?

Dr. Muñoz: A la segunda, la durabilidad se refiere que no se desmorone. Es una propiedad en la norma de ASAE. Ahí está identificado. Y la vida de anaquel sería otra variable, sin embargo, como

es de muy larga duración no la incluí, pero sí alcanzamos a ver que este producto tenía una vida de anaquel considerablemente más alta que si el producto estaba a granel.

BIEN. ENTONCES SE PENSÓ QUE PODÍA SER ESTO UNA SOLUCIÓN A UN PROBLEMA, ¿PODÍA SER UN NEGOCIO TAMBIÉN?

Sí, de hecho esa fue la primera cosa que valué. Cuando presenté a CONTEC en el '99 Fernando sí fue muy claro: "tienen que demostrar en sus propuestas que de estos proyectos van a sacar productos rentables". Tuve que hacerlo desde antes porque si no hacemos esta etapa en las partes iniciales como estudio de factibilidad es estar trabajando con mucho riesgo.

¿Salió finalmente, de todo esto, una evidencia de que era factible?

Sí. En qué sentido se vio factible: estimaciones, costo de las materias primas, de los consumos de energía, finalmente le puse costos del proceso y además tenía referencias de costo de proceso ya de las plantas grandes que elaboran alimentos. Hay manera de ver factibilidad antes de ponerse a trabajar en serio... (Risas)

¿Y luego qué siguió?, ¿cómo se definió el producto o los productos?

Pues con esa generación de conocimiento, estamos en las posibilidades de generar tecnología. Con ese puro conocimiento no es posible irse con el cliente y "ahora sí haz tu máquina", no. Hay que materializar el conocimiento. Y cómo, pues en tecnologías. Por lo tanto, lo que pensamos primero fue en hacer equipos de densificación o equipos de extrusión.

¿Por qué extrusión?

Sí es que hay varios procesos de densificación: está el famoso proceso de peletizado que tiene como cuatro variantes. Y en extrusión hay otro tanto de variantes. Entonces, por qué extrusión, Fernando Baquero comentaba que éste era uno de los procesos que no estaban tan estudiados, y cuando revisé los documentos en la literatura vi enormes cantidades de artículos asociados a extrusión que se puede ocupar en metales, alimentos, plásticos o polímeros en general, pero también en arcillas, es decir, gran cantidad de procesos.

Me dijo Fernando "ya que estás en esto, francamente, me gustaría que estuvieras enfocado hacia extrusión que es todo un reto". Y la verdad es que sí lo fue. Porque empezamos a hacer nuestros primeros conceptos de esta máquina e ideas, y vimos que mucha de la información que verdaderamente necesitábamos, como los tiempos de relajación, las velocidades de retención dentro de las máquinas, no estaba disponible.

No porque a pesar de haber tantos procesos de extrusión en polímeros, alimentos, pastas... normalmente. Supongo que el material, en este caso, es un material muy difícil de manejar, quizá sea más fácil extruir un zamak, un PVC, que extruir un montón de hierbas ¿no? (risas)

¡Exactamente! Ése es el punto y que a Fernando le agradó porque, el hecho de que conociéramos un sector que es poco favorecido por la investigación, en ese tiempo nos ayudó mucho el Dr. William Chancellor, de la Universidad de California, que está en Davis. Siento que él me dio una orientación bastante valiosa, sobre todo porque tiene la formación de ingeniería agrícola y conoce de sistemas de extrusión y de peletizado. Estoy muy agradecido con él porque me orientó en la generación de esta tecnología. Aunque finalmente, para hacer cualquier tecnología necesitamos recursos, porque generar tecnología no es gratis. Es de 10-20 veces el costo de lo que cuesta la tecnología ya puesta en el mercado.

Desde el '99 empezamos a concursar en los fondos. En ese tiempo estaba el Fondo de Investigación Miguel Hidalgo. Entre '98 y '99 metimos la propuesta al (SIGHO) Sistema de Investigación Miguel Hidalgo. Donde tuvimos que identificar ya al usuario y hacer una propuesta para elaborar un equipo que permitiera hacer los alimentos. Así empezó el extrusor. En el '99 nos lo autorizaron, por lo que en el 2000 ya teníamos el primer prototipo.

¿El primer prototipo financiado por ese Fondo, ya de un extrusor?

Sí. Como puede ver, tuvimos que ocupar el conocimiento que teníamos antes en el desarrollo de la tecnología. Podríamos haber hecho un proyecto para hacer un extrusor empezando desde la investigación, pero los riesgos son mucho más altos. La propuesta no iba a tener muy buena consistencia. Con esa lógica seguimos y en el año 2000 ya teníamos un primer prototipo.

Hay un mundo de diferencia entre un proyecto de investigación y un proyecto de desarrollo tecnológico. Son dos conceptos diferentes, que utilizan herramientas diferentes y los productos también son diferentes. A un proyecto de investigación, lo que le interesa es generar el conocimiento aunque no lleve al producto tecnológico al mercado inmediatamente; pero a un

proyecto de desarrollo tecnológico sí le interesa llevarlo al mercado y probarlo, y de preferencia validarlo.

Sin embargo, hay que generar conocimiento también, pero aplicar el conocimiento ahí mismo.

De hecho en las definiciones del Manual de Frascati, un manual de referencia en los países europeos, habla perfectamente bien de qué es un proyecto de investigación o de generación de conocimiento y qué es un proyecto de desarrollo tecnológico. Es decir, las herramientas y metodologías son completamente diferentes. Hay un problema en México asociado a esto y de una vez se lo comento: hay unas tesis en los alumnos que verdaderamente los confunden porque están haciendo un proyecto de desarrollo tecnológico y les piden que hagan su planteamiento de hipótesis, lo cual es una contradicción, es una metodología conocida como Método Científico, pero en desarrollo de tecnologías es una metodología de diseño y desarrollo.

Hay variantes. El modelo que usted por aquí muestra es de desarrollo tecnológico, que la generación de conocimiento pudiera estar inmersa en alguna de esas etapas, pero hay que identificarla perfectamente porque ahí lo que se aplica es el método científico. Por eso es importante no confundir entre las tesis de los estudiantes porque les puede llevar un año o más en lo que salen del embrollo.

¿Qué significó o qué dificultades hubo en el desarrollo de ese primer extrusor?

¡Qué buena pregunta! La verdad es que muchas. Y precisamente en la habilidad de resolverlas es que tenemos un producto. Pero si le comento las más importantes: ya tenemos el prototipo de acuerdo a la teoría y con una metodología de diseño que está documentada claramente en los libros, pero pasamos por la parte conceptual y ese prototipo se genera después de la ingeniería de detalles, en manufactura. Sale el primer prototipo, lo probamos y ¡no funciona ingeniero! No funciona como esperamos, simplemente no sale el producto. Estamos cuidando todo lo que está en el laboratorio, por qué no funciona. Lo primero que vimos es que el torque necesario para poder operar la máquina era menor del que estimamos. Por lo que no nos alcanzaba el torque disponible. Por eso este tipo de materiales son difíciles de estudiar, porque tienen comportamientos no lineales; y con las suposiciones que hacemos en la teoría, siempre alineamos (linealizar) todo, “es una curva y la hacemos recta” en los diferentes segmentos de las curvas, entonces, al hacer las alineaciones (linealizaciones) ahí se van inmersos los errores que prácticamente son acumulables. Y vienen las sorpresas...

Es conveniente tener una etapa que llamo **validación del concepto**. Con nomenclatura propia que está en la normatividad internacional. De hecho en ISO 9000 nos lo pide, cuando dice que validemos... tenemos que probar que lo que estamos diseñando (que tenemos unos requisitos de diseño al inicio de las etapas) verdaderamente se cumpla. Si lo ponemos a trabajar y no se cumple, ahí está la primera iteración; revisar qué cosa se hizo mal. Hicimos una reducción de torque, incluso las velocidades las teníamos más altas. De lo que sí estábamos seguros y tranquilos es que los consumos de energía ya los sabíamos. Por lo que podíamos variar velocidades y torques de manera proporcional. Bajamos velocidades para tener más torque. En ese ejercicio ya empezaron a salir.

Ahora el siguiente problema: ya sale el producto, pero en partes como por explosiones. –imagínese con vapor- y unas balas que *retachaban* en la pared, los productos ya densificados, (de hecho uno de ellos me disparó en la uña) (risas) era un cañón. Ahí es donde vienen las áreas de oportunidad, que habíamos diseñado un cañón, pero ese no era el objetivo (tono de ironía). Nos dimos cuenta que había un proceso de secado en el propio extrusor porque saca vapor, le metíamos los materiales a una humedad y salía en otra. Debíamos ser cuidadosos en esos detalles, igual la temperatura; nos estábamos pasando de temperatura.

Al inicio no le metíamos temperatura porque queríamos densificar a temperatura ambiente. Aunque después nos pasamos de temperatura, pero como ya teníamos los estudios previos, ya teníamos idea de los óptimos. Resultó que estos en el laboratorio no eran lo mismo que en la práctica porque los coeficientes de conducción de calor eran diferentes. El equipo está hecho prácticamente de acero con materiales que pesan alrededor de media tonelada y en el laboratorio nuestro equipo de prueba pesaba 5kg. Como puede ver, las proporciones en términos de pruebas de calor eran completamente diferentes; todo eso lo tuvimos que ajustar y ahora sí nos dedicamos a usar diseños experimentales. De hecho esa fue nuestra herramienta desde que empezó la generación

de conocimiento, estuve aplicando los diseños experimentales y los factoriales; fraccionados, los de composición central y algunos otros muy especiales. Con esos diseños experimentales, otra vez, generamos conocimiento... el que ya teníamos en el laboratorio ahora ya adaptado a las condiciones de un prototipo. Resolvimos esos problemas de temperatura y falta de torque, y nuestra primer sorpresa fue que empezamos a generar ya productos, pellets continuos, pero la capacidad era baja e inestable.

¿cómo se definió la composición, la mezcla?

Las dietas las definimos desde el inicio, en 1997, desde el simposio. Ese proyecto lo iniciamos en colaboración con la UAQ, a través del Dr. Juan de Dios Garza Flores. Desde, ahí lo contacté, nos hicimos amigos, ahí fue el contacto con la UAQ. Entonces, en todo ese camino que recorrí, me apoyé mucho con él. Es un veterinario reconocido en Querétaro, ahora ya es consultor externo. Y tuve la suerte de conocer a gente importante en el sector. Él me orientó a los tipos de dietas, yo conozco un poco de ingeniería agrícola por mi formación en la licenciatura –usted sabe que me formé en diseño de máquinas desde la maestría apara acá- y de esa manera conozco y entiendo lo que él me decía. Me dijo: “mira, para mí sería deseable que hubiera una dieta con estos ingredientes...” Yo estaba como “esponja”, recibiendo ese conocimiento y lo introduje, de tal manera que cuando hice la propuesta al SIGHO, ya llevaba ese componente.

¿Pero, ya se manejaba con concepto de dieta?

Sí, ya venía con dieta específicamente para engorda, mantenimiento, crecimiento, finalización...

Pero eso fue nada más un insumo, por llamarle de esta manera ¿o hubo algo de experimentación ahí?

No, experimentación no había. La experimentación que yo hice fue toda de proceso o experimentación técnica del proceso. No tuve la oportunidad de probarlo en animales, con los usuarios (risas) porque no tenía material. En el laboratorio no podía generar toneladas, apenas generé como medio kilogramo (risas).

Entonces ya sale el “churro”... el producto ya sale formado, con consistencia apropiada... ¿qué siguió a eso?

La capacidad no era tan aceptable, era baja. Porque yo tengo de referencia las máquinas que hay en el mercado que producen alimentos peletizados y también extruidos. Entonces en ese tiempo, hice un *benchmarking* entre equipos del extranjero (España, Alemania, algunos japoneses) una marca muy conocida es Shimada, que tiene distribuidores en el mundo y que también hacen alimentos extruidos; sin embargo, este concepto que nosotros manejamos no era muy socorrido, no estaba siendo usado de manera frecuente, se escuchaba un poco en Alemania, en Canadá; pero hasta ahora, si se da cuenta, en México no se ocupa ‘en grande’.

Entonces, como era baja la capacidad, nos dimos cuenta (mis estudiantes y yo, Fernando era el director del área, y Máximo Cargnelutti también como responsable de las líneas como coordinador; Agustín Escamilla también empezó su doctorado en 2002, dedicándose a la parte a granel y yo a la parte de densificación de que en la punta estaba el secreto para hacer una máquina eficiente. Se nos ocurrió hacer una prolongación de la hélice para que pudiéramos guiar el material hasta los orificios del dado y concentrar la presión de manera importante para que eso fluyera y bombeara el producto hacia afuera del dado. Porque a veces se nos atascaba. Es por ello que faltaba un bombeo generado por la misma geometría del sistema. Y eso fue precisamente lo que nos dio la patente.

¿Cuándo se patentó?

Se metió la solicitud en el 2002. Y se nos otorgó la patente en el 2008. Nunca hicimos una promoción porque la verdad no sabíamos (risas), no sabía que se podía patentar en menos tiempo. El punto es que se resolvió, cuando se hizo la prolongación y se dio la patente, quedé feliz, dije: “este arroz ya se coció”. Ahí terminaron nuestras iteraciones y empezamos a generar la ingeniería de detalle, todos los dibujos ya formales para su manufactura y generamos otro prototipo.

El primer prototipo está listo para probarse en el 2000 y se hacen pruebas ¿durante un año?

No, en las pruebas nos llevamos como cuatro meses.

Y hasta que terminaron las pruebas y se definió el detalle del cordón y de que había que evitar las explosiones por el vapor y demás... ¿ya se tenía todo para el diseño de detalle?

Sí, ya con el equipo funcional, la ingeniería de detalle, que se refiere a generar los planos para la manufactura del equipo definitivo.

¿Entonces empezaron ya el diseño en el 2001?

Sí, ya con el primer prototipo funcional fabricado se empezó con el diseño de detalle en año 2001. Nuestro cliente de ese proyecto fue la Asociación Ganadera de Huimilpan, a través de don Rodolfo Monroy Sandoval, Presidente de la Asociación, quien ya falleció, nos apoyó muchísimo...

¿En qué año entraron en contacto con la asociación?

Creo que entramos en contacto con la Asociación en el '99. Porque en la propuesta ya debía ir el usuario. A ellos les llevamos el pellet pero hecho con la prensa.

Entonces ellos supieron del desarrollo, de lo que estaban haciendo del extrusor, porque al principio les llevaron el pellet y la idea ¿no? Y seguramente ellos dijeron si es viable o no.

La manera en que se convencieron fue que llevé el pellet hecho en la prensa, se los puse en la mesa, le puse agua y vieron cómo se expandía con el agua simulando (ya estando dentro del estómago) y también se lo dieron a los animales y lo consumieron sin ningún problema. Pensaban que era muy duro, dijeron "se van a lastimar los dientes los animales o las encías...", pero les traje documentación de los cubos de Nubar, California, donde era un mito. Y pues ahí venía resuelto. Entonces, nos dio su visto bueno don Rodolfo.

¿Y dónde quedó ese primer prototipo?

Lo entregamos a la Asociación, era un compromiso que hicimos con el Fondo de Investigación Miguel Hidalgo (SIHGO). Se les quedó a ellos y se los echamos a andar. Pero en ese momento coincidió de que ellos tenían un proyecto mucho más amplio, de hacer un tianguis ganadero en sus instalaciones, en Huimilpan. Ya estaba todo, Invitaron al gobernador, a la prensa, etc. Salimos en los periódicos en el 2002, haciendo una demostración formal del equipo donde el gobernador Loyola nos hacía preguntas concretas y específicas del sector. Le gustó mucho y había invitados (que era lo mejor). Fue muy ilustrativo. Se produjeron alrededor de 5 toneladas. Ahí estaba el montón de pellets y lo echamos a andar, quedamos muy bien, al grado de que el dueño de la empresa Molinos Azteca, el Sr. Juan Pérez inmediatamente nos invitó a comer y nos trató muy bien. Le interesó mucho el extrusor al Sr. Pérez que también ya falleció.

Entre el 2001 y 2002, si mal no recuerdo, hicimos un proyecto de investigación sobre el extrusor que le llamamos *instrumentación de equipo de extrusión*. Lo que hicimos fue conocer las cargas axiales sobre los baleros; y validar de que nuestro equipo estaba diseñado de acuerdo a los requisitos del diseño y a los requerimientos del proceso. Ese proyecto lo metimos al CONCYTEC, lo ganamos y nos lo dieron por esas fechas. Es decir, instrumentamos el extrusor completamente, le pusimos celdas de carga para medir la fuerza, la temperatura; le metimos resistencias eléctricas para.... Fernando Baquero decía "¿sabes qué Guillermo? Necesitamos que esto no se caliente con un soplete, da muy mala imagen, se ve mal, queremos que sea con resistencias eléctricas"

¿Pero, por qué había que calentarlo?

Precisamente porque es necesaria la variable de temperatura para reblandecer el material y la calidad del producto sea mejor y los consumos de energía también sean menores.

Porque primero me hablaste de un problema de generación de calor, que fue el que provocó explosiones y eso tuvo que resolverse, entiendo que perforando el cilindro para que saliera el vapor ¿no?

No, básicamente lo que hicimos fue bajarle la temperatura.

Pero bajar la temperatura, es lo que no entiendo... ¿desde un principio ya metían temperatura?

Sí. De hecho hicimos con temperatura ambiente y llegamos después hasta 220 °C. En todo ese rango metíamos diferentes niveles. La verdad es que en laboratorio nos salía que el óptimo era alrededor de 150° cuando hacíamos eso y con una combinación de baja humedad en el producto, se generaban las explosiones. Había una fricción altísima que tendía a atascar el equipo y generar calor por lo mismo; además del que le poníamos, con poca agua que llevaban los materiales, pues hacía vapor. Entonces el problema estaba en encontrar el equilibrio térmico. Y nos enfocamos a bajar temperatura hasta que encontramos que incluso se mantenía solo, no necesitábamos aplicarle calor. El problema era de llevarlo a una temperatura de operación. Entonces, lo hacíamos con soplete o con resistencias eléctricas. Con lo primero se veía el sistema muy arcaico, con lo segundo un poco más elegante, pero ahora le cuento cuál fue el resultado... después de varios años...

Pero, inicialmente se concibió el equipo para operarse en el campo con el tractor...

Sí. Que fuera accionado por un tractor agrícola del tamaño mediano o categoría dos, según la norma ASAE. En el rango de 65-100 hp.

Y eso qué te daba a la toma de fuerza, ¿como 40 hp?

... un 80% de potencia. El que tiene 100 Hp, te daba 82 Hp en la toma de fuerza.

Y bueno, esa fue una condición, es importante ese concepto inicial ¿no? Hay que ponerlo a trabajar con el tractor porque se evita el manejo de la biomasa.

Incluso puedes trabajarlo donde no haya electricidad, de hecho esa era una de las condiciones que nos ponía el propio usuario de la asociación. Dijo "francamente a mí me gustaría que se use el tractor", un requisito básicamente de ellos. Hay clientes que sí tienen disponibilidad de energía y les gustaría con energía eléctrica...pero como nace el concepto, es así. Hay que operarlo con el tractor

Bien. Qué pasa después cuando se tiene el prototipo, se prueba; se tiene incluso una demostración general; hay usuarios interesados... ¿qué siguió?

A veces viene un declive natural, hasta cierto punto, enfocado al usuario y obviamente a nosotros en el sentido de la capacidad de resolver los problemas que pudiera tener el usuario y si están a nuestro alcance los hacemos. El usuario se puso a producir. Durante una semana o dos puso a una persona a producir en sus instalaciones, pero como en todas asociaciones de este tipo hay competencia, peleas, etc. se hicieron dos agrupaciones. Mismas que estaban asociadas a los grupos políticos. Don Rodolfo era un priista de hueso colorado; y había otro grupo con el que no simpatizaba mucho. Entonces, se hicieron antagónicos y empezaron a echar a perder su proyecto general de tianguis ganadero al pelear y abandonarlo. Nuestro equipo ahí lo tenían. Dejaron todo abandonado, desde 2002 que se inauguró el tianguis ya no lo pudieron echar a andar. Implicaba vender ganado, comprar insumos, alimentos, venderlo; pies de cría, insumos como medicinas y más. Los apoyó la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de manera más amplia que para el extrusor, que obviamente era un componente de producción de alimentos. Como don Rodolfo apoyaba mucho el equipo, el otro grupo no lo apoyaba. Finalmente dejaron esas instalaciones abandonadas, instalaciones que eran de Conasupo, mismas que revivieron, repararon y estaban en condiciones; incluso había corrales y todo un patio de graba roja. Todo quedó abandonado incluyendo el extrusor. Una vez dijo Fernando que valdría la pena rescatar ese equipo, pero no había manera. Se vino un declive, pero el interés de Molinos Azteca era alto. Llegó un proceso -en el que creo que usted participó- de firma de un convenio de colaboración para transferirle la tecnología. Dicho proceso no lo conocí hasta que fuimos a la planta a probar el equipo, en Guadalajara, Lagos de Moreno. Es importante saber lo que sucedió con esa empresa, por qué no alcanzamos a transferir...

Se murió el dueño y a los hijos no les interesó...

No le dieron el mismo impulso. Cuando fue la demostración, ellos querían que se densificara una dieta con un nivel de humedad altísimo, vieron que no servía para eso y perdieron el interés.

Y qué siguió. Se quedó en un prototipo, cuándo se retoma el hacer nuevos prototipos, o el seguir buscando otros mercados, ¿cómo se da?

Pues curiosamente por esas fechas termina el proyecto de la instrumentación del equipo a través de fondos de CONCYTEQ, no recuerdo el año pero se dio la instrumentación del extrusor, donde fue un apoyo de aproximadamente \$100 mil. De ahí se graduó otro con tesis de maestría, Renato Sánchez. Instrumentamos para saber qué estaba pasando con las cargas porque todo lo habíamos hecho teórico. Con ese proyecto se gradúa Renato y obtenemos resultados muy interesantes porque no solamente encontramos las mejores combinaciones de las variables del proceso, sino también sabemos ahora qué cargas se están desarrollando dentro del equipo. Llegó a buen término, nos evaluó el Dr. Gilberto Herrera para la entrega por parte de CONCYTEQ, en 2003. Sin embargo, se empezaba a enfriar con esto de no haber sido exitosos con Molinos Azteca, pero por esas fechas también la UAQ metió otro proyecto a Fundación Produce Querétaro, pero por su cuenta: de probar alimentos peletizados en ganado. Lo hizo la Dra. Guadalupe Bernal Santos, ella fue la recomendación del Dr. Juan de Dios. Nos invitaron a trabajar, donde nosotros les produjimos alrededor de 5 toneladas el primer prototipo que sirvió para la prueba del concepto, accionado con el tractor agrícola.

Entonces, realmente cuándo se tuvo el primer prototipo, ¿cuál de los dos fue primero?

El primer prototipo fue el que siempre tuvimos aquí en CIATEQ. Fabricado por ahí del año 2000. No recuerdo los meses exactos, pero creo que el de entrega a la Asociación pudo haberse hecho a los dos, tres o cuatro meses. En el año 2000-2001.

Entonces con ése fue con el que pudiste producir 5 toneladas para la Fundación Produce...

En su caja de baleros de husillo nada más le ponía aceite, era una de las limitantes del prototipo, por eso no lo vendí, sirvió exclusivamente para las pruebas. Entonces la Dra. Guadalupe Bernal tiene ese proyecto y nos invita a colaborar con ellos, las 5 toneladas de alimentos de diferentes tipos. Se hicieron pruebas de alimento para cabras, conejos y para bovinos. La doctora nos dio dinero para hacer los diferentes dados y se probaron por segunda vez en animales.

Qué pasó después de ese apoyo mutuo con la UAQ

Los resultados de la prueba de la doctora despertaron interés en otros usuarios, no solamente en los ganaderos de Huimilpan, sino que ya hubo más interés porque ella publicó los resultados en diferentes congresos y, si mal no recuerdo, me llegaban como dos o tres interesados por año. Algunos veían el equipo, les interesaba pero no proponían; otros sí proponían diferentes pruebas y comprarlo o rentarlo. Después de ese proyecto, en 2005, se vino un interesado de Aguascalientes que actualmente tiene el equipo.

Entonces hubo un impasse, seguía vivo porque las publicaciones de la doctora mantenían cierto interés, ¿pero ya no se hizo algo específico con algún cliente hasta el 2005?

Más o menos, en el 2005 se acercó Juan Carlos Feregrino, de Aguascalientes, donde a través de Juan Carlos Jáuregui que en ese tiempo estaba a cargo de la unidad de Aguascalientes, le pidió el equipo. Lo vio, le interesó mucho, se lo llevó y lo probó. Con todos estos proyectos yo continué trabajando en la mejora del equipo. Hubo otro proyecto, debió haber sido en 2004, que metió Agustín para San Luis Potosí, creo que fue de fondos mixtos, para aprovechar los residuos de caña. Ahí se propuso el hacer un equipo diferente, en lugar que pellets, porque se notaba que al cliente no le agradaba mucho que fuera circular, sino que fuera prismático, en cubo o de sección rectangular o cuadrada. Entonces intentamos hacer un cubicador utilizando los mismos principios del extrusor. Logramos ese equipo, pero nunca lo pudimos estabilizar. Se nos quemaba el producto. Porque los residuos de caña son muy duros. Aun con el del extrusor, la capacidad era muy baja y se desgastaba demasiado. El aprendizaje: ese tipo de materiales eran muy limitados para ser usados en alimentos, en las proporciones más arriba del 70%, no funcionó. Fue un intento fallido para producir cubos.

Entonces Juan Carlos Feregrino se lo llevó y lo regresó, pero sus comentarios fueron informales y me di cuenta de que intentaron hacer cambios en el diseño y por alguna razón no les convenció. De hecho vino con una hélice “volada”, el equipo dañado. Muestra de que lo estaban alimentando con un tornillo. No supe si fue Feregrino o Jáuregui. El punto es que lo arreglamos y trabajaba para las demostraciones y producir pequeñas cantidades para los interesados. Recuerdo que más o menos fueron unos 12 ó 13 interesados desde entonces. Haciendo propuestas de que se agregaran alimentadores automáticos.

Incluso también vino el Ing. Gabriel Lecumberri, de los toros de lidia.

Cuándo llegaría él

Más o menos en 2007. Y así llegaban varios, pero yo ya estaba trabajando en otros proyectos porque no había interesados. Hasta que, los resultados del Ing. Sámano (USC Consultores) eran muy alentadores, llegaron los interesados y les empezábamos a dar en modo de renta, de hecho creo que fue sugerencia suya, si mal no recuerdo.

Una vez me comentó sobre unos emprendedores que empezaron a rentar sus máquinas tortilladoras, y de ahí empezó a generarse. A mí me gustó la idea y de esa forma tomamos con los que les interesaba. Después de lo de 2005, llegó en 2007 Juan Carlos Feregrino, pero con fuerza. Y le rentamos un equipo. Igual cuando llega el ing. Lecumberri se metió otro proyecto que fue de las convocatorias emitidas por CONACYT, que era un recurso proveniente de los partidos políticos, entonces, como había dinero para los centros, abrimos el otro proyecto. Es por esto que nos llegó una suma importante, un millón de pesos, para hacer tres prototipos. Y ponerlos con los interesados, que ya estaban en la lista como tres o cuatro- ¡ya recuerdo! Es un español- ¿sí recuerda a Carlos Arguimbau? Él estuvo entre el 2005 y 2006, que nos pidió el equipo en préstamo y luego fue en modalidad de renta.

Otra cosa que se me estaba olvidando es que en el 2003 se le vendió un equipo al municipio de Salamanca.

Pero ése de dónde salió

Lo pagaron. Lo querían usar para alimento de cabras. Y como querían procesar alfalfa, pues les quedó a la medida. La alfalfa es uno de los mejores ingredientes para peletizarse.

Entonces, retomando las fechas del 2007, se abrió un proyecto con dinero de CONACYT, construyendo tres equipos y validarlos, ¡pero no nosotros! Sino los usuarios, y por lista teníamos varios:

- Carlos Arguimbau
- Gabriel Lecumberri
- Juan Carlos Feregrino
- La Universidad Autónoma de Querétaro, a ellos les interesaba un equipo, de hecho les prestamos uno por solicitud de ellos mismos.

Entonces con esos tres equipos se pusieron a producir, de hecho uno de ellos lo pusimos a trabajar cuando usted nos hizo el favor de acompañarnos en la nave de CIATEQ. La idea era llevarlo con los usuarios, por lo que un solo usuario, Lecumberri, fue el que estuvo dispuesto a pagar la operación.

Juan Carlos Feregrino finalmente se llevó uno y se lo dimos rentado. Pero el que nos dio resultados rápidos fue el del Ing. Lecumberri, de los toros de lidia. Con ese equipo encontramos que nuestra punta trabajaba alrededor de 8-9 toneladas y ya no servía. Por lo tanto, nos dimos a la tarea de buscar opciones de aleaciones para hacerla. Encontramos una muy buena hecha a base de esferas de carburo de tungsteno. Es finalmente tecnología de importación, pero muy práctica y no tan cara que nos resolvió el problema.

En ese proyecto se produjeron hasta 96 toneladas contabilizadas, con el mismo equipo, pero con dos puntas. La primera aguantó 12 y la última ya llevaba 30 y trabajando sin desgastes.

¿Pero cómo sabes que llegó a las 96 toneladas?

Porque yo hice la suma. Quedó en el reporte de ese proyecto.

No sé si recuerda el nombre de esa convocatoria, yo no lo recuerdo...

Era de los fondos de CONACYT provenientes de multas del IFE. Y metimos una solicitud para validar el equipo. Porque la recomendación del estudio del Dr. Jaime Parada, una de ellas, era que había que probar la duración del equipo. Teníamos que ver si era confiable o no en operación. De ahí surge la idea de ponerlo a operar, en conjunto con Lecumberri que estuvo dispuesto a pagar la operación.

Sí, de hecho el quebró uno de los usillos. Que en ese tiempo los hicimos de fundición por iniciativa de 'Tito', mi jefe, me dijo "hazlo como normalmente lo haces y hazte dos de fundición para que cheques".

¿Y qué tal funcionaron? ¿En qué año fue eso?

Los de fundición no sirvieron. Fue en 2008, los costos eran altísimos para los primeros prototipos. Pero el problema era que quedaban muy frágiles. Un husillo de estos, a Lecumberri se los reemplazamos porque no quiso sacar la punta. Dijo: "saben qué, les doy todo completo el husillo con la punta. Entonces denme otro completito y lo ponemos a trabajar", y así lo hicimos. Le di uno de fundición que sí trabajó, pero por alguna razón, en el manejo, lo dejó vertical y se le cayó y quedó demasiado frágil.

Estas pruebas fueron muy buenas, él aprendió a manejar el equipo bastante bien. Al final no lo compró. No nos pusimos de acuerdo porque él no quería pagar regalías. Era la modalidad que se le ofreció. Lo peor de todo es que una vez le "caí" de improvisto a sus instalaciones y me di cuenta que ya estaba haciendo otro muy parecido, asesorado por gente de extrusión de plásticos. Tenía varios problemas su equipo y se lo dije. Él se sintió con conocimiento, porque sí aprendió mucho con nosotros) de hecho nosotros les enseñamos, se quiso ir solo y así lo hizo. Fernando nos dio la orden de recogerle los equipos y lo trajimos de regreso a CIATEQ. Quiere decir que en ese segundo intento tampoco se hizo. Antes ya hubo otros intentos de renta y de venta, pero yo siento que CIATEQ como institución no tuvo experiencia en transferencias de tecnología. Conforme fuimos viendo los intentos, fuimos madurando al grado de que la modalidad de renta funcionó bastante bien porque en 2008 Juan Carlos Feregrino, convencido se llevó un equipo con su camioneta y remolque.

Finalmente, ¿cuántos equipos se construyeron?

El primer prototipo 1, el de Humilpan 2, el de Salamanca 3, los tres de tecnologías precompetitivas serían 6. Seis equipos. Y ahorita se están construyendo otros dos por parte de Feregrino; y

estaban en puerta unas cotizaciones para Lecumberri, de seis equipos. También estaba el equipo rentado en Villahermosa Tabasco, donde se los dejé funcionando y operando.

¿Con qué mezcla o con qué dieta?

Con una mezcla que él mismo formuló. Yo se las fui a caracterizar.

Pero bueno... Estamos en el 2008 donde tenemos ya tres equipos, se le recoge el suyo a Lecumberri y se fue solo. Ahí es cuando, con ayuda del Lic. Fidel Rodríguez (Gestión y Promoción de Negocios), le encargamos que nos haga un paquete tecnológico, para ofrecerlo de esa manera a los usuarios. Con dietas específicas, le pagamos con los recursos del IFE. Además de que validamos los equipos, hicimos cambios como accionamiento eléctrico, una planta con alimentador, transportador de pellets, enfriador; dejándolo de tal manera que ese paquete tecnológico ya no era un equipo de extrusión, sino una micro-planta de alimentos. Hicimos un video con el funcionamiento de ésta y fue el que se mostró a los usuarios. Hicimos el manual del usuario, un paquete tecnológico. Incluso el plan de negocios se aterrizó con el Dr. Parada.

Sin embargo, con el problema de desgaste, noté que le faltó lo que ya teníamos con la micro-planta.

Y se planteaba muy claramente la definición que había que hacer hacia cuál era el negocio: si el extrusor o el alimento.

Exactamente. Ya nos habíamos dado cuenta que había dos productos: la maquinaria y el pellet. Pero la estrategia que debíamos seguir, de acuerdo con Fernando, era que primero había que hacer exitoso el producto y naturalmente el negocio de la maquinaria iba a surgir. No podíamos empezar al revés; aunque había recomendaciones de algunos especialistas de que también exista ese enfoque, como las empresas que desarrollan el mercado, hacen toda una plataforma de producción y lo colocan.

En nuestro caso, estaba convencido de que primero el producto y luego la maquinaria. Y nos quedamos con el proyecto de la micro-planta. Después, hacia el año 2009-2011 ha sido con usuarios que les interesa que se los prestemos, pero en 2012 vino uno fuerte: el Dr. Manuel Piña, Rector de la Universidad de Tabasco. Se enteró en New Holland, (pidiendo maquinaria agrícola) - usted sabe que mi hermano trabaja allá- le dijo qué es lo que quería hacer: alimentos con alto contenido proteínico de la zona, a bajo costo, para enfocarse a la sequía. Mi hermano, enterado de lo que hago en CIATEQ, lo mandó conmigo. Cuando llegó... como Molinos Azteca, nos veía como lo que estaba buscando. Finalmente, se lo dimos en modalidad de renta. Aunque a él sí le cobré la caracterización, lo que nos costó con el Ing. Lecumberri (la caracterización y el aprendizaje). La hice en tres horas, cobrándole \$90 mil, es decir, mi tiempo, viáticos, etc. estuvo dispuesto a pagarlo además de la renta. Esto de la renta es algo que siempre le sugerí al Ing. Antón, rentas a bajo costo al inicio para interesarlos, puesto que los usuarios están empezando y arriesgándose. Es una estrategia de riesgo compartido. De tal forma que si ellos llegan a ser fuertes, CIATEQ va a ser fuerte; porque las ventas están en ellos. Por lo tanto, si desde el principio les cobramos rentas altas como si ya fuera exitoso, estamos fallando en la estrategia. En este proyecto, desde 1999 hasta 2001 me dediqué de tiempo completo, incluyendo la formación de mis estudiantes. Fue un proyecto de investigación y desarrollo tecnológico. La verdad es que aquí, con los proyectos, íbamos avanzando muy lento. Eso fue el desarrollo y, hasta donde me enteré, empezaron a llegar más interesados. Les mandé algunos que ya me empezaban a contactar. Creo que es un proyecto, que aunque no es la octava maravilla del mundo, es un proyecto que nació del mercado, de la necesidad externa y no por capricho de alguno de nosotros. Sabíamos que había áreas de oportunidad para la biomasa, había abundancia, que ahora todo eso cuesta, antes estaba 'regalada', es más ni regalada la querían y ahora esos residuos de maíz tiene un costo importante.

Sí. Y seguirán dándole más valor. Creo que finalmente la iniciativa, tarde o temprano, tendrá que irse aterrizando como una respuesta a una necesidad.

Exactamente. Aunque en el camino han surgido áreas de oportunidad, por ejemplo el desgaste de la punta, que con el recubrimiento que le dimos en el último, según mis pruebas aguantaba alrededor de 60 toneladas; a Juan Carlos Feregrino le estaban aguantando sólo 7. La razón es que él estaba utilizando unos aditivos químicos muy agresivos sobre los aceros. Entonces, deben encontrar la manera de resolver el problema. Ya no es sólo desgaste.

Para redondear el asunto... a mí me quedan un par de dudas: primero, ¿el concepto de mercado se probó?

Fíjese que hasta esas rentas, yo les llamo prueba de concepto de mercado, porque en esas rentas el cliente no pierde y tampoco nosotros. Sin embargo, salen las áreas de oportunidad. Por lo tanto, esas rentas nos validan, de alguna manera, la calidad y aceptación del producto por el usuario.

Desde la primera que ocurrió, fue cuando le dimos el alimento a los animales de los mismos usuarios de Huimilpan. Cuando se produjeron alrededor de 6 toneladas, se le dio a los animales y vimos la respuesta, yo no me despegué de ese equipo. Ese fue mi primer indicio de que el producto tenía mucho potencial.

Y la siguiente inquietud que me queda es alrededor del concepto inicial, de la operación en campo con el tractor, contra la operación en planta. ¿realmente tiene sentido el pensar en la operación en el campo?

Yo creo que sí y mucho, porque hay varios tipos de usuarios.

Si todo mundo tuviera electricidad yo les diría que no se complicaran demasiado y utilizaran la energía eléctrica, y tal vez que el extrusor se accionara por diesel. Estoy convencido de eso. Pero en el campo no hay electricidad, entonces, todo el concepto del alimentador, de la dosificación, el transporte de los pellets, el enfriador... requiere electricidad que, o se genera con una planta en el campo o se agarra del tractor. La opción más adecuada es que todo lo que se pueda en cantidades mayores, del tractor; y para las cantidades menores (transportador y dosificador) se use una planta pequeña. Usted sabe que es más cara la electricidad de CFE que producir con accionamientos de diesel. Hicimos esas evaluaciones en 2008-2009. Finalmente ya existen las dos opciones de acuerdo a lo que el cliente pida.

En tu tesis doctoral hay mucho de esto, sobre todo de los aspectos técnicos de la extrusión...

Sí, de hecho mi tesis doctoral es la modelación de los materiales (agrícolas-fibrosos). La modelación del proceso de densificación. Específicamente agarré la parte de compresión y la estudié con dos enfoques: viscoelástico y viscoplástico. Me sirvió mucho para el diseño del dado y la punta. Fue un pequeño aporte, pero a fin de cuentas generación de conocimiento.

... que fue lo que hizo la diferencia en la operación...

Sí, un poco, fue la causa de la patente.

Bien, muchas gracias Guillermo. Tal vez te moleste tratando de armar esta línea del tiempo. Creo que es interesante dentro del análisis en cuanto a la generación del conocimiento, por la interacción de los diferentes usuarios.