



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

**Incremento de la productividad en celdas de costura de bolsas de aire
de una empresa manufacturera automotriz.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería de Calidad

Presenta

Ing. Anaya Mandujano Brenda Ayde

Querétaro, Marzo 2012.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Calidad

Incremento de la productividad en celdas de costura de bolsas de aire de una empresa manufacturera automotriz.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería de Calidad

Presenta:

Anaya Mandujano Brenda Ayde

Dirigido por:

Dr. Miguel Galván Ruíz

SINODALES

Dr. Miguel Galván Ruíz
Presidente

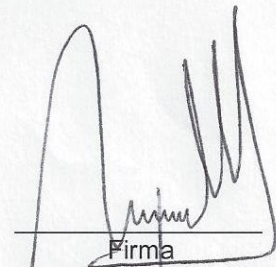
Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza
Secretario

Dr. Emeterio Franco Pérez
Vocal

M.I. Marcela Juárez Ríos
Suplente

M.I. Raúl Arroyo Martínez Fabre
Suplente

Dr. Aurelio Domínguez González.
Director de la Facultad



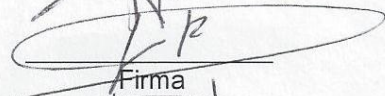
Firma



Firma



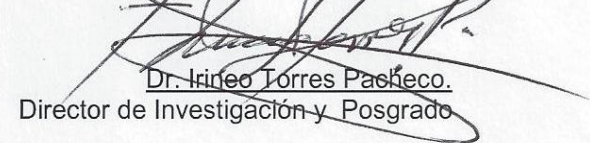
Firma



Firma



Firma



Dr. Irineo Torres Pacheco.
Director de Investigación y Posgrado

RESUMEN

La globalización demanda organizaciones más competitivas y dinámicas, el eficiente manejo de los recursos llega a ser la diferencia entre continuar o perecer en el mercado. El presente proyecto se desarrolló en una empresa de manufactura de bolsas de aire automotriz, la cual, enfrenta continuamente cambios bruscos de demanda y a pesar que dentro de la organización se manejan temas de reducción de desperdicios, en ocasiones, no se concretan proyectos de mejora con un impacto significativo sobre la productividad. El problema que impulso el presente proyecto es el desconocimiento del impacto en el incremento de la productividad resultante de la implementación de herramientas Lean Manufacturing en procesos de costura de bolsas de aire. Con la finalidad de cuantificar este impacto se desarrolló una experimentación de tipo descriptiva, correlacional, explicativa, utilizando principalmente la observación cuantitativa y cualitativa. Los sujetos experimentales fueron: efectividad en compromisos de calidad y cantidad, eficiencia en el uso de los recursos, grado de satisfacción y motivación de los recursos humanos, considerando este indicador como vinculo para la productividad y calidad. La metodología consistió en observar directamente áreas de oportunidad para la reducción de desperdicios, seleccionado e implementando herramientas Lean Manufacturing a través de un sistema de involucramiento de empleados, y posteriormente comparar los índices de productividad para cuantificar las mejoras. Se utilizó como instrumento de recolección un cuestionario antes y después de la implementación, que evalúa aspectos de clima laboral, cumplimiento en cantidad, cumplimiento en calidad y percepción de los operadores acerca de los beneficios de implementar herramientas Lean Manufacturing. La población experimental fueron aquellas celdas de manufactura que evidenciaban una baja productividad, destinando un periodo de investigación para cada una, en el cual, se implementaron herramientas Lean Manufacturing, analizando las ideas y necesidades del personal operativo. Como resultado se obtuvieron mejoras significativas, confirmando una correlación en la implementación de herramientas Lean Manufacturing basadas en el involucramiento de empleados con un incremento en los índices de productividad.

(Palabras clave: productividad, involucramiento, Lean Manufacturing)

SUMMARY

Globalization demands more competitive and dynamics organizations, the efficient handling of the resources comes to be the difference between continuing or perishing on the market. This project was developed in a manufacturing company of automotive air bags, which, continually faces rapid changes in demand and although within the organization are handled waste reduction issues sometimes, improvement projects are not completed with significant impact on productivity. The problem that originated this project is the lack of impact on productivity growth resulting from the implementation of Lean Manufacturing tools in the process of sewing airbags. In order to quantify this impact is developing an experimental descriptive, correlational, explanatory, using mainly quantitative and qualitative observation. The experimental subjects were: effectiveness in quality and quantity commitments, efficient use of resources, satisfaction and motivation of human resources, considering this indicator as a link to productivity and quality. The methodology was to directly observe areas of opportunity for waste reduction, selecting and implementing Lean Manufacturing tools based on a system of employee involvement, and then make comparisons of productivity indices for measuring improvements. A questionnaire was done before and after implementation as a tool for collection, the questionnaire measured aspects of working environment, quantity, quality compliance and perception of the operators about the benefits of implementing Lean Manufacturing tools. The experimental population were those manufacturing cells which revealed low productivity, assigned a period of research, which have been implemented Lean Manufacturing tools, analyzing the ideas and needs of operational staff. As a result significant improvements were obtained, confirming a correlation in the implementation of Lean Manufacturing tools based on the involvement of employees with increased productivity rates.

(Key words: productivity, involvement, Lean Manufacturing)

A mis padres
La fuerza de mis cimientos

AGRADECIMIENTOS

En la revisión de esta investigación recibí la atención y el apoyo de cada uno de mis sinodales, por lo cual, les agradezco su valioso tiempo y dedicación por los comentarios realizados que permitieron mejorarla.

En particular al Dr. Miguel Galván Ruiz , por el esmero al seguimiento de la tesis desde el protocolo.

Agradezco a mi familia y amigos por todo el apoyo que me brindaron, alentándome a seguir mis metas, en especial a mi madre Cecilia Mandujano y a mi padre Lorenzo Anaya, por el esfuerzo que hacen diariamente y que es mi inspiración.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
I. INTRODUCCION	v
1.1 Justificación	1
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Limitaciones.....	6
II. REVISION DE LITERATURA	7
2.1 Calidad, productividad y competitividad	7
2.2 ¿Qué es una bolsa de aire?	10
2.3 Productividad.....	12
2.3.1 Conceptos de Productividad.....	14
2.3.2 Calidad y Productividad.....	16
2.3.3 Indicadores asociados a la productividad y a la calidad: eficiencia, efectividad y eficacia.....	18
2.4 Mejora Continua	19
2.5 Lean Manufacturing.....	21
2.6 Productividad y sus limitantes	22
2.7 Just in time	26
2.8 Celda de manufactura	27
2.9 Balanceo de líneas	28
2.9.1 Elementos a considerar en el balanceo de líneas	30

2.10	Flujo de una pieza	32
2.11	Flujo continuo	33
2.12	Pull system (sistema jalar).....	34
2.13	Diseño de puestos de Trabajo.....	34
2.14	Flexibilidad y motivación.....	36
2.15	Herramientas de Calidad	36
2.15.1	Estratificación	36
2.15.2	Principio de Pareto	37
2.15.3	Diagrama causa-efecto (Ishikawa)	38
III. METODOLOGIA.....		39
3.1	Descripción del lugar donde se realizo el trabajo	39
3.2	Diseño de la investigación	41
3.2.1	Recursos materiales y humanos a utilizar	44
3.2.2	Relaciones Cooperativas.....	45
3.3	Sujetos experimentales empleados.....	46
3.4	Sistema de indicadores de gestión a utilizados	49
3.5	Variables.....	49
3.5.1	Definiciones de las variables	50
3.5.2	Tipo y forma de experimentación	52
3.5.3	Descripción de las variables de respuesta que se evaluaran	53
3.6	Mediciones y análisis.....	53
3.6.1	Descripción de los cálculos matemáticos	54
3.7	Diseño experimental y modelo estadístico empleado.....	55
3.8	Población muestral	55
3.9	Descripción de los tratamientos.....	57

3.10	Definición del sistema de recolección.....	57
3.11	Instrumentos de recolección.....	62
3.11.1.	Cuestionarios para datos cuantitativos.....	62
3.12	Procedimientos.....	66
3.12.1	Metodología para la identificación del desperdicio.....	66
3.12.2	Mapeo de Proceso para identificar cuellos de botella.....	69
3.12.3	Procedimiento de balanceo de líneas.....	71
3.12.1.1	Descripción del proceso.....	71
3.12.1.2	Datos de entrada.....	72
3.12.1.3	Pasos para realizar el balanceo de líneas.....	72
3.12.1.4	Datos de salida.....	76
3.12.1.5	Planteamiento del problema con programación lineal (LINGO).....	77
3.12.4	Procedimiento para afrontar la problemática.....	78
3.12.5	Procedimiento para la realización de sesiones de lluvia de ideas.....	78
3.12.6	Procedimiento para la estratificación.....	80
3.12.7	Procedimiento para realizar un Diagrama de Pareto.....	80
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	81
4.1	Codificación de resultados del cuestionario de percepción.....	81
4.2	Resultados del Cuestionario de la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.....	83
4.2.1	Gráficas del cuestionario antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.....	87
4.3	Mejoras obtenidas en indicadores de productividad.....	103

4.3.1.	Incremento de productividad (indicadores globales).	107
4.3.2.	Beneficios obtenidos por los trabajadores.	109
4.3.3.	Secuencia común para implementar herramientas Lean Manufacturing, en celdas de bolsas de aire laterales.	110
V.	CONCLUSIONES	112
VI.	LITERATURA CITADA.....	114
	APENDICE	117

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2. 1	Clasificación de Herramientas por su utilidad.	22
3. 1	Colaboradores en el Desarrollo de la Investigación.	44
3. 2	Definición de variables.	51
3. 3	Descripción de criterios que se tomaron para la selección de las celdas de manufactura.	56
3. 4	Codificación para cuestionario sobre percepción de los trabajadores	63
3. 5	Cuestionario de la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación.	64
3. 6	Tratamiento a las respuestas del cuestionario.	65
3. 7	Datos de entrada para el balanceo de líneas.	72
3. 8	Toma de tiempos.	72
3. 9	Cálculo de tiempo estándar.	73
3. 10	Tolerancias para el cálculo del tiempo estándar	73
3. 11	Cálculo de Tack Time	74
3. 12	Ejemplo de tabla para la identificación de actividades predecesoras.	74
3. 13	Asignación de actividades comparando el tack time.	75
3. 14	Datos a obtener después de realizar un balanceo de línea.	76

4. 1	Nivel de codificación deseada por número de pregunta.	82
4. 2	Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores antes de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.	84
4. 3	Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.	85
4. 4	Porcentaje de mejora sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.	86
4. 5	Tabla comparativa antes y después de los indicadores de productividad.	103
4. 6	Indicadores de Productividad antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.	108
4. 7	Porcentaje de mejora en los indicadores de productividad.	108

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2. 1	Tipos de bolsas de Aire	11
2. 2	Herramientas Lean Manufacturing	21
2. 3	Ejemplo de un Diagrama de Estratificación.	37
2. 4	Representación gráfica del Principio de W. Pareto.	37
2. 5	Ejemplo de un Diagrama de Pareto	38
2. 6	Ejemplo de un Diagrama Causa-Efecto.	38
3. 1	Descripción del proceso de manufactura de bolsa de aire	40
3. 2	Pasos básicos para estandarizar.	42
3. 3	Ciclo de Mejora Continua (Elaboración propia).	43
3. 4	Teoría de Medición del desperdicio.	67
3. 5	Grafica de tiempo de presencia.	68
3. 6	Mapa de proceso para identificación de cuellos de botella (Grafica de propia creación).	70
3. 7	Descripción del proceso de manufactura de bolsa de aire	71
3. 8	Representación gráfica de un estándar de movimiento.	76
3. 9	Grafica para la elección de la herramienta de calidad a utilizar.	79
4. 1	Comparación de resultados pregunta 1.	87
4. 2	Comparación de resultados pregunta 2.	88
4. 3	Comparación de resultados pregunta 3.	88
4. 4	Comparación de resultados pregunta 4.	89

4. 5	Comparación de resultados pregunta 5.	89
4. 6	Comparación de resultados pregunta 6.	90
4. 7	Comparación de resultados pregunta 7.	90
4. 8	Comparación de resultados pregunta 8.	91
4. 9	Comparación de resultados pregunta 9.	91
4. 10	Comparación de resultados pregunta 10.	92
4. 11	Comparación de resultados pregunta 11.	92
4. 12	Comparación de resultados pregunta 12.	93
4. 13	Comparación de resultados pregunta 13.	93
4. 14	Comparación de resultados pregunta 14.	94
4. 15	Comparación de resultados pregunta 15.	94
4. 16	Comparación de resultados pregunta 16.	95
4. 17	Comparación de resultados pregunta 17.	95
4. 18	Comparación de resultados pregunta 18.	96
4. 19	Comparación de resultados pregunta 19.	96
4. 20	Comparación de resultados pregunta 20.	97
4. 21	Comparación de resultados pregunta 21.	97
4. 22	Comparación de resultados pregunta 22.	98
4. 23	Comparación de resultados pregunta 23.	98
4. 24	Comparación de resultados pregunta 24.	99
4. 25	Comparación de resultados pregunta 25.	99
4. 26	Comparación de resultados pregunta 26.	100
4. 27	Comparación de resultados pregunta 27.	100
4. 28	Comparación de resultados pregunta 28.	101
4. 29	Comparación de resultados pregunta 29.	101
4. 30	Comparación de resultados pregunta 30.	102
4. 31	Comparación del indicador “Cantidad de operadores”.	104
4. 32	Comparación del indicador “Tiempo extra semanal”.	105

4. 33	Comparación del indicador “Rate de Producción por hora”.	106
4. 34	Comparación del indicador “Minutos de Labor por unidad”.	107
4. 35	Secuencia común identificada para la implementación de herramientas Lean en celdas de bolsas laterales.	110

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación	Página
Ecuación 2. 1.....	17
Ecuación 2. 2.....	17
Ecuación 3. 1.....	48
Ecuación 3. 2.....	53
Ecuación 3. 3.....	53
Ecuación 3. 4.....	54
Ecuación 3. 5.....	54
Ecuación 3. 6.....	54
Ecuación 3. 7.....	66
Ecuación 3. 8.....	68

I. INTRODUCCION

La industria automotriz sufre cambios de demanda constantes, lo cual exige un rápido nivel de respuesta para satisfacer estos cambios. La flexibilidad ayuda a desarrollar nuevas segmentaciones de los mercados, generar adaptabilidad y/o polivalencia de los procesos productivos, a fin de atender nuevos requerimientos, realizar inversiones y propiciar el crecimiento organizacional en forma rítmica y gradual y también a mantener al personal adiestrado y preparado para actuar en diferentes procesos de manera rápida y con buen rendimiento. (Bentancourt, 2006).

1.1 Justificación

La empresa donde se desarrolla la presente tesis se dedica a la costura de bolsas de aire, para la industria automotriz, por lo cual, debe tener la capacidad de responder inmediatamente a los cambios de demanda, es decir, capacidad flexible, para poder ajustar procesos productivos en base a las necesidades del cliente, lo anterior significa que los procesos deben ser flexibles. La flexibilidad debe ser tal que la producción se pueda adaptar de igual manera cuando se requiere una alta capacidad que cuando se requiera una baja. Para que un proceso sea flexible se requiere:

- Poder ajustar el número de operarios en cada momento
- Ajustar la capacidad requerida en cada momento
- Las máquinas deben ser sencillas y de operación fácil
- Introducir cambios rápidos de modelos, equipo, herramientas, maquinaria (SMED)
- Cambios rápidos de productos

1.2 Descripción del problema

Para responder a la demanda el área productiva de la empresa donde se desarrolla la presente tesis está estructurada en celdas de manufactura y tiene las siguientes características:

- Cambios de demandas bruscos
- Proceso de manufactura influenciado principalmente por la habilidad de los operadores
- Con 74 celdas de manufactura
- Cinco familias de productos diferentes
- Más de 167 modelos o programas diferentes.

Cada celda cuenta con un número determinado de operadores que están certificados en ciertas operaciones de los programas que se manejan en la celda. Se tienen estándares de la cantidad de operadores por determinada producción requerida. Lo que nos lleva a tener una idea de cuantos operadores son necesarios, pero esto no implica, la adecuada distribución de cargas de trabajo para cumplir los objetivos. Es decir, aunque se tenga la cantidad de operadores requeridos las cargas de trabajo pueden estar desbalanceadas creando cuellos de botella en nuestro proceso, lo cual provoca:

- Sobreproducción de subensambles en ciertas operaciones y tiempos de espera en otras operaciones.
- Que los operadores con tiempo de espera busquen realizar otras operaciones, creando nuevos cuellos de botella.
- Algunas operaciones toman más tiempo que otras, dejando a operadores sin nada mientras esperan la siguiente parte.
- Movimientos descontrolados e injustificables.
- Mal manejo de material, ya que los operadores se mueven a muchas máquinas sin control, es difícil asignar responsabilidades por operación.

- No se cumplen con los objetivos de producción, y en los operadores se refleja un nivel de frustración, lo cual conduce a una desintegración del equipo de trabajo.
- Desintegración del equipo de trabajo debido a inconformidad de los operadores con mayor carga de trabajo
- Problemas de calidad, salto de operaciones, descontrol en la segregación de scrap, al no tener control sobre el flujo del producto.
- Presión constante sobre los operadores
- Descontrol sobre las actividades asignadas a cada operador

Para incrementar la productividad de las celdas de manufactura, una de las herramientas más recurridas es el balanceo de líneas. El balanceo de líneas nos permite optimizar el recurso humano distribuyendo la carga de trabajo entre los operadores, esto quiere decir, se nivelan los tiempos por operación. Es difícil poder ajustar en número de operarios en cada momento que cambia la demanda de nuestros clientes, debido a que el proceso es variable, y aunque estamos hablando de una misma actividad “coser” esta tiene muchas variables debido a:

- Habilidad del operador: esto depende de la capacidad de recepción y tiempo de práctica de cada operador (influenciado por el tipo de costura, máquina, geometría del producto). Por lo que varía el tiempo de capacitación por cada operación y cada operador.
- Tipos de costura: sencilla segura, doble segura, de ruptura, de cadena, cajas X, etc.
- Tipos de máquina: Automática, manual, cada una con sus variables de operación.
- Geometría del producto: depende de la familia del producto, y diseño del mismo.

Se han desarrollado balanceos de líneas, unos han resultado exitosos, sin embargo otros no muestran resultados, inclusive en ocasiones empeoran la situación, y causan descontrol entre los operadores. Esto se debe a que hay

varios factores que se tienen que considerar antes, durante y después de la implementación de un balanceo. Desafortunadamente no se cuenta con una metodología que nos guíe en las diferentes fases de la implementación de un balanceo. Por lo cual, cada una de las personas que realizamos esta actividad seguimos diferentes caminos para la implementación, obteniendo diferentes resultados, inclusive implementando el mismo balanceo en celdas destinadas al mismo modelo, con el mismo número de operadores y mismas máquinas. Algunos de los problemas que han presentado son los siguientes:

- A pesar de tener un balanceo el incremento en la productividad no se da debido a que existen otros problemas; descompostura de maquinaria, paros por falta de material, ausentismo de operadores, el layout no es el adecuado (Mondelo, 2002), espacios reducidos, omisión del estándar de operaciones, introducción de operadores con poca habilidad, etc.
- Efectos negativos en los resultados en el momento de la implementación de balanceo (posiblemente por la adaptación de los operadores a esta forma de trabajo), lo cual causa problemática con la dirección.
- Negación de los operadores a respetar el balanceo (no hay involucramiento), están acostumbrados a la forma de trabajo cotidiana
- Los operadores se sienten amenazados, piensan; “ya va haber bajas”, “si logramos piezas, nos van a subir los objetivos, nos van a presionar más”. Todo esto se debe a una pobre comunicación.
- Los resultados de algunos balanceos, toman más tiempo que otros para reflejar resultados.
- Diferentes resultados en la implementación de los balanceos; debido a que cada una de las personas que realizamos balanceos no utilizamos la misma secuenciación para su implementación y su interacción con otras herramientas de Lean Manufacturing, Debido a esto no tenemos los mismos resultados, y esto puede ser la brecha para que un balanceo funcione o fracase.

1.3 Hipótesis

La implementación de herramientas de Lean Manufacturing basada en el involucramiento al personal operativo, mejora significativamente la productividad.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Medir el impacto sobre la productividad que tiene la implementación de Herramientas de Lean Manufacturing basadas en el involucramiento del personal operativo.

Objetivos particulares

1. Comparar la productividad antes y después de haber implementado balanceo de líneas y otras herramientas Lean Manufacturing.
2. Medir la percepción de los trabajadores sobre productividad e involucramiento de empleados, a través de la observación y aplicación de encuestas.
3. Identificar una secuencia común a seguir para implementar herramientas Lean Manufacturing, enfocada a cubrir necesidades operativas demandadas por los operadores.

1.5 Limitaciones

La administración del área de producción se divide por familias de bolsas, actualmente soy Ingeniero de Procesos del área de SIDE (bolsas laterales), por lo cual el proyecto se centrara en dicha área. Pudiese haber variantes entre áreas que intervengan en la aplicación de herramientas utilizadas en la presente investigación, estas quedan al margen del área de interés del actual estudio.

La presente investigación se limita al desarrollo de una metodología para la implementación de balanceo de líneas en interacción con otras herramientas de Lean Manufacturing para el incremento de la productividad, que considere el involucramiento del personal operativo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Calidad, productividad y competitividad

En un mundo global, en donde la competitividad se ha convertido en la mayor arma estratégica, muchas empresas se esfuerzan por aumentar sus ventas, disminuir sus costos y mejorar su imagen, pero son pocas las que realmente están logrando resultados tangibles. Las condiciones cambiantes de un mundo globalizado orillan a las empresas a buscar caminos de adaptación, usando procesos útiles para sobrevivir y triunfar. Una empresa Lean, esbelta o ágil, que quiera obtener el mejor beneficio dadas las condiciones cambiantes de un mundo globalizado, debe ser capaz de adaptarse rápidamente a los cambios. Para ello debe recurrir a las herramientas idóneas de mejora, prevención, solución de problemas y administración disponibles. (Socconini, 2008)

Lean Manufacturing ha identificado una estrecha relación entre la velocidad de respuesta y la rentabilidad del negocio. Detrás de un proceso que toma mucho tiempo puede haber una serie de desperdicios costosos, como esperas o fallas en la planeación de la producción, descomposturas en las máquinas, producción en lotes grandes, transportes, etc. Estos desperdicios ocultos dejan casi siempre una huella que nos puede ayudar a descubrirlos: el tiempo. Los tiempos largos de respuesta normalmente indican la presencia de otro tipo de problemas recurrentes. Por ello, en la manufactura hay que procurar procesos con mínimo tiempo de ciclo, es decir, con menos desperdicios y con un sistema de flujo continuo de producción. (Socconini, 2008)

En la mayoría de los casos sólo de 5 a 10% de todas las actividades que se desarrollan en las empresas agregan valor; el resto es desperdicio. Si somos capaces de eliminar progresivamente estos desperdicios, comprenderemos el éxito de las empresas que están marcando la diferencia en cuanto a competitividad. (Socconini, 2008)

La mejora de procesos se ha convertido en un imperativo para las empresas que buscan una ventaja competitiva, sin embargo, es preocupante cómo algunas organizaciones hacen uso duradero y exitoso del proceso de herramientas de mejora como la gestión de la calidad total y reingeniería. Estas herramientas deben ayudar a para aumentar la productividad, aumentar la calidad y aumentar la competitividad. Las herramientas de mejora son muy valiosas, pero no son suficientes sino se implementan mediante un buen liderazgo, pues de éste dependerá que las personas no sólo se involucren, si no que se comprometan. (Keating, 1999)

El proceso de mejoramiento es un medio eficaz para desarrollar cambios positivos que van a permitir ahorrar dinero tanto para la empresa como para los clientes, ya que las fallas de calidad cuestan dinero. Asimismo este proceso implica la inversión en nuevas maquinarias y equipos de alta tecnología más eficientes, el mejoramiento de la calidad del servicio a los clientes, el aumento en los niveles de desempeño del recurso humano a través de la capacitación continua, y la inversión en investigación y desarrollo que permita a la empresa estar al día con las exigencias de los clientes. La base del éxito del proceso de mejoramiento es el establecimiento adecuado de una buena política de calidad, que pueda definir con precisión lo esperado por los empleados; así como también de los productos o servicios que sean brindados a los clientes. (Cabrera, 2009)

La productividad del trabajador y la productividad del proceso son interdependientes. Un concepto erróneo común, dado que el trabajo directo puede representar sólo el 5% del costo de producción, es que éste ya no es importante. Se debe considerar que a pesar del bajo porcentaje del costo de trabajo directo, con sus acciones éste ejerce control sobre lo que se produce actualmente. Si la moral baja y los métodos ineficientes hacen que los trabajadores produzcan sólo la mitad de su capacidad, el 95% restante de los costos de producción- que son costos generales (típicamente fijos), excluyendo los costos materiales- deben prorratearse sólo en la mitad de la cantidad del producto. No es tanto el costo de

trabajo directo, sino el efecto de este. La labor de la administración consiste en asegurar que el trabajo directo cuenta con el equipo, herramientas, métodos y motivación para ser tan productivo como sea posible, algo que los trabajadores escogerán si se les brinda el ambiente productivo en el cual desarrollar su labor. (Hicks, 2003)

En el proceso de mejora los teóricos afirman que los empleados hacen un mejor trabajo si son informados y responsables de identificar oportunidades de mejora y aplicación de cambios (Deming, 1986; Ishikawa, 1985; Juran, 1969, en Keating, 1999). En consecuencia, la mayoría de las mejoras se basan en los empleados que realizan día a día de trabajo haciendo mejoras reales. En primer lugar, los empleados al ya entender su proceso, se reduce el tiempo en la recopilación de datos y diagnóstico. En segundo lugar, los empleados tienen un fuerte interés en la aplicación de los cambios cuando se desarrollan las propias propuestas. (Keating, 1999)

La integración representa realmente una nueva dimensión en el trabajo. Las personas se involucran verdaderamente solo cuando hacen contribuciones creativas a su trabajo encontrando modos de hacerlo mejor (Nikkan, 1990). Nuestro trabajo puede brindarnos la seguridad física y el sentimiento de integración social que Maslow indicó como una de nuestras necesidades básicas. Sin embargo, para satisfacer nuestras más elevadas necesidades de reconocimiento y auto-desarrollo, cada uno de nosotros necesitamos oportunidades para compartir nuestra creatividad e inteligencia. (Nikkan, 1989)

Algunos temas que brindan soporte teórico a la presente tesis son: ¿Qué es una bolsa de aire?, Mejora Continua, Lean Manufacturing, Productividad, Eliminación de Despilfarro (Muda), Justo a tiempo, Celda de Manufactura, Balanceo de Líneas, Diseño de Puestos de Trabajo, Flexibilidad y motivación, Herramientas de Calidad.

2.2 ¿Qué es una bolsa de aire?

La bolsa de aire (en inglés, *airbag*) es un sistema de seguridad pasiva instalado en la mayoría de los automóviles modernos. Este sistema fue patentado el 23 de octubre de 1971 por la firma Mercedes-Benz, después de cinco años de desarrollo del nuevo sistema. El primer coche que lo incorporó fue el *clase S* de 1981 (Yasunori, 2002)

Tipos de Bolsas de aire:

- Para el conductor: estas están colocadas en el volante del conductor.
- Para el Pasajero: estas colocadas en el tablero en frente del pasajero (arriba de la guantera).
- Cortinas: Estos se inflan desde techo del auto (en la zona cercana al marco superior de las ventanillas, casi pegado a la ventana) y proporciona protección para la cabeza de los ocupantes en caso de choque lateral.
- Bolsas Laterales: se inflan desde el lateral del asiento y protegen el tórax de los ocupantes en caso de choque lateral.
- Para proteger rodillas y piernas del conductor: para impedir que choquen contra la columna de dirección.

En la siguiente figura (Fig. 2.1) se pueden apreciar algunos tipos de bolsa de aire: a) Bolsa de aire desinflada en un SEAT Ibiza. La bolsa de aire se desinfla en unos 0.3 segundos. El conductor salió ileso del accidente, el coche se desguazó, debido a la deformación del chasis. b) Bolsas de aire de Cortina y a un lado del asiento, se pueden observar las bolsas laterales.



Figura 2. 1 Tipos de bolsas de Aire

Las bolsas de aire de los vehículos (incluyendo las delanteras, laterales y para la cabeza) se inflan rápidamente para formar un colchón y proteger al conductor y a los pasajeros en caso de un accidente de tráfico. El riesgo de morir en un accidente se 5% con el uso de los cinturones por sí solos; el uso de los cinturones junto con la bolsa de aire reduce el riesgo en un 15% adicional.¹

A pesar de lo que pueda parecer, no evitan más lesiones que los cinturones de seguridad. El cinturón de seguridad es el elemento de seguridad pasiva más efectivo. El uso de la bolsa de aire es más bien complementario, e inclusive pueden lesionar al ocupante si este no cuenta con el cinturón de seguridad abrochado al momento del impacto. La instalación de bolsas de aire en los vehículos reduce significativamente las muertes por accidentes. Hay factores determinantes en la supervivencia de los ocupantes en el accidente (edad, uso de cinturón de seguridad, y el género). Sin embargo, el efecto de una bolsa de aire es menos significativo que el uso del cinturón de seguridad. Dado el limitado beneficio de la bolsa de aire, los esfuerzos para promover las bolsas de aire parece especialmente difícil de justificar en países como los Estados Unidos, donde el cinturón de seguridad es una protección muy superior. (Barry, 1999)

¹ State Compensation Insurance Fund (in California)

2.3 Productividad

Cotidianamente la palabra producción y productividad se utilizan indistintamente, sin embargo su significado es diferente (Socconini, 2008):

- Producción: Cantidad producida para que el sistema genere dinero.
- Productividad: Es la relación de las salidas de un proceso y sus entradas.

Hablar de *productividad* es hablar de la relación entre la producción total y los insumos totales; esto es, la relación entre los resultados logrados y los recursos consumidos; o la relación entre la efectividad con la cual se cumplen las metas de la organización y la eficiencia con que se consumen esos recursos en el transcurso de ese mismo cumplimiento. La productividad es una medida relativa, en el sentido de que su significado se basa en la comparación entre la razón de productividad del presente y la razón de productividad de un periodo anterior.

Desde el momento en que se comienza a poner atención en el concepto de la productividad en las organizaciones, se utilizan diversas técnicas; estas técnicas utilizadas en la realización de programas de mejoramiento de la productividad consisten principalmente en la recopilación de la información y el aumento de la eficacia del trabajo. Estos métodos se clasifican básicamente en dos grupos:

El Método técnico, que consiste en técnicas de Ingeniería Industrial y Análisis Económico que forman parte del Diseño del Trabajo, tales como:

- Estudio del Trabajo.
- Simplificación del Trabajo.
- Análisis de Pareto.
- Método Justo a Tiempo; aplicado a procesos productivos.
- Análisis Costo-Beneficio.

El Método humano que incluye métodos relacionados con el comportamiento:

- Desarrollo Organizacional
- Análisis de Clima Laboral

El Estudio del Trabajo es básicamente una combinación de dos grupos de técnicas: el estudio de los métodos (diseño del trabajo) y la medición del trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano e indicar los factores que influyen en la eficiencia. Se emplea con la intención de aumentar la producción de una cantidad dada de recursos con una pequeña o no ampliada inversión de capital (Chiavenato, 2000).

El Desarrollo Organizacional (DO) es una estrategia de cambio planeado, un proceso planificado, dirigido y sistemático que tiene por objeto modificar los sistemas, la cultura y el comportamiento de una organización para mejorar su eficacia. Se ocupa de los aspectos organizativos de las ciencias del comportamiento y está vinculado con el perfeccionamiento de los recursos humanos y la renovación organizativa.

Dentro del desarrollo organizacional se encuentra un aspecto muy importante, el Clima Laboral, que se define como el medio ambiente humano y físico en el que se desarrolla el trabajo cotidiano. Influye en la satisfacción y por lo tanto en la productividad. Está relacionado con los comportamientos de las personas, con su manera de trabajar y de relacionarse, con su interacción con la empresa, con las máquinas que se utilizan y con la propia actividad de cada uno (Brunet, 1999).

2.3.1 Conceptos de Productividad

Productividad es igual a producción dividida por cada uno de sus elementos de Producción **OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico)**.

Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad **OIT (Organización Internacional del Trabajo)**.

Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy. Requiere esfuerzos continuados para adaptar las actividades económicas a las condiciones cambiantes y aplicar nuevas técnicas y métodos. Es la firme creencia del progreso humano **EPA (Agencia Europea de Productividad)**.

La Productividad es la cualidad de ser productivos. Es un concepto que guía la administración de un sistema de producción y mide su éxito. Es la cualidad que indica qué tan bien se están utilizando sus recursos (Riggs, 2001).

La productividad es el resultado de dividir el total de factores de salida, como bienes, entre los de entrada, como los recursos (García C. A., 2011) La productividad es una evaluación de la eficiencia el proceso de transformación de las organizaciones. Una mayor productividad proviene de fuentes como tecnología, administración, y esfuerzo humano (Kast, 1988).

Con estos conceptos se puede definir a la **Productividad como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.** En la fabricación la productividad sirve para evaluar el

rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. Productividad en términos de personas es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

En un sistema de producción se emplea a las personas por el trabajo que hacen. Este trabajo, es físico, mental o de ambas clases, requiere esfuerzo, debe haber motivos para que los trabajadores realicen el esfuerzo. En la mayoría de los casos, la productividad se mide de acuerdo a la producción obtenida en relación a los insumos utilizados (materia prima, mano de obra, capital). La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva el conseguirlos (Prokopenko, 1987)

La productividad está influida sustancialmente por la motivación y el esfuerzo de la gente, cuando ésta tiene un fuerte compromiso con las metas de la organización, generalmente muestra un alto nivel de desempeño. El incremento en la productividad a través de la gente no es el resultado de hacerla trabajar más duro. Una mayor participación y compromiso del trabajador es un factor vital en el mejoramiento de la productividad.

La productividad y el clima laboral no son objetivos incompatibles entre sí. La clave es mantener un sistema que mantenga elevados los índices de productividad y que responda al mismo tiempo a las expectativas de los trabajadores con respecto a su clima laboral. Es decir un buen clima laboral genera productividad.

El mejoramiento de la productividad no consiste únicamente en hacer las cosas mejor, sino de manera correcta, y depende de la medida en que se pueden identificar y utilizar los factores que intervienen en ella, entre los que se encuentran: el puesto de trabajo, los recursos y el clima laboral.

El análisis de la productividad es importante para el mejoramiento de la misma, el éxito de la medición depende del adecuado uso del método que se va a utilizar, debido a que existen diversas maneras de determinarla.

Un instrumento de medición de la productividad debe tener los siguientes atributos (Riggs, 2001):

1. Ser Capaz de medir tanto a la empresa como a las unidades de operación.
2. Ser comprensible y fácil de calcular.
3. Representar una evaluación realista.
4. Estar aislado de cambios ocurridos en valores monetarios.
5. Estimular la motivación asociando las mediciones con objetivos alcanzables.
6. Hacer que el sistema de medición sea práctico.

2.3.2 Calidad y Productividad

La Calidad desde el punto de vista conceptual ha pasado por diferentes etapas, desde el surgimiento de la industria manufacturera donde se le consideraba como algo que debía ser inspeccionado para poder obtener determinados requerimientos técnicos que eran precisados por el productor; continuando la etapa posterior de control estadístico de la calidad, donde se aplicaban técnicas de muestreo a lo largo del proceso, con el objetivo de detectar a tiempo cualquier irregularidad y garantizar que el producto que saliera cumpliera, igualmente, los requisitos preestablecidos por el productor; en una etapa más actual se instrumentan programas y sistemas de calidad a todas las fases de concepción, diseño y producción, incluyendo el servicio posventa; y hoy la calidad es posible administrarla. En esta última fase el énfasis está puesto en el mercado, las necesidades y expectativas del cliente. Pero además la Calidad se ve como un enfoque de dirección, que no sólo contempla la calidad del producto, sino el sistema de dirección en su totalidad (Río, 2006).

Como vemos el concepto de CALIDAD, ha dado un cambio de 180°; ya que no basta producir de acuerdo a determinados requerimientos o normas técnicas sino producir de acuerdo a lo que el cliente necesita. Es por eso que J. Juran plantea que la “Calidad es adecuación al uso”; James Harrington nos dice: “Calidad es el grado en que satisfacemos las expectativas de los clientes” y Crosby nos plantea “Calidad es cumplir los requisitos”. En los sistemas tradicionales que hasta recientemente se han venido trabajando:

$$\text{Precio de Venta} = \text{Costo} + \text{Beneficio}$$

Ecuación 2. 1

Pero esta fórmula ya no da resultados pues no toma en cuenta al cliente, y éstos actualmente no están dispuestos a pagar las ineficiencias del productor, que hacen aumentar los costos. Esta forma de pensar confunde valor con precio y por tanto no es adecuada en una época de alta productividad, al no tener en cuenta las necesidades del cliente. Actualmente se parte de la fórmula:

$$\text{Beneficios} = \text{Precio} - \text{Costo}$$

Ecuación 2. 2

Considerando que el precio lo fija el mercado y los clientes, por tanto para obtener beneficios, sólo podemos hacerlo reduciendo los costos tanto como sea posible y esto último sólo lo podemos hacer logrando niveles más altos de productividad.

Si abrimos el diccionario Larousse en la palabra productividad, vamos a encontrar algo muy interesante: “Facultad de producir. Calidad de lo que es productivo”. Esto nos hace ver que terminológicamente, productividad es sinónimo de “evaluación de la calidad”. Por lo que pudiéramos entonces afirmar que la **productividad evalúa la capacidad del sistema para elaborar productos que son requeridos (que se adecuan al uso) y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir el valor agregado.**

Para poder incrementar el Valor Agregado se hace necesario producir lo que el mercado (cliente) valora y hacerlo con el menor consumo de recursos, todo lo cual nos permitirá reducir los costos y por ende incrementar los beneficios, haciendo a nuestra organización más productiva.

2.3.3 Indicadores asociados a la productividad y a la calidad: eficiencia, efectividad y eficacia.

Existen tres criterios comúnmente utilizados en la evaluación del desempeño de un sistema, los cuáles están muy relacionados con la calidad y la productividad: eficiencia, efectividad y eficacia. Sin embargo a veces, se les mal interpreta, mal utiliza o se consideran sinónimos; por lo que consideramos conveniente puntualizar sus definiciones y su relación con la calidad y la productividad (Río, 2006).

Eficiencia: Se le utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones o cumplimiento de actividades con dos acepciones: la primera, como la “relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos estimados o programados”; la segunda, como “grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándose en productos”.

Cómo se puede observar ambas definiciones están vinculados a la vertiente de la productividad más difundida en la literatura; pero si sólo utilizáramos este indicador como medición de la productividad únicamente asociaríamos la productividad al uso de los recursos; sólo se tomaría en cuenta la cantidad y no la calidad de lo producido, pondríamos un énfasis mayor “hacia adentro” de la organización, buscando a toda costa ser más eficiente y pudiendo obtener un estilo eficientista para toda la organización que se materializaría en un análisis y control riguroso del cumplimiento de los presupuestos de gastos, el uso de las horas disponibles, etc.

Efectividad: Es la relación entre los resultados logrados y los resultados propuestos, o sea nos permite medir el grado de cumplimiento de los objetivos planificados. Cuando se considera la cantidad como único criterio se cae en estilos efectivistas, aquellos donde lo importante es el resultado, no importa a qué costo. La efectividad se vincula con la productividad a través de impactar en el logro de mayores y mejores productos (según el objetivo); sin embargo, adolece de la noción del uso de recursos.

Eficacia: Valora el impacto de lo que hacemos, del producto o servicio que prestamos. No basta con producir con 100% de efectividad el servicio o producto que nos fijamos, tanto en cantidad y calidad, sino que es necesario que el mismo sea el adecuado; aquel que logrará realmente satisfacer al cliente o impactar en el mercado.

Como puede deducirse, la eficacia es un criterio muy relacionado con lo que hemos definido como calidad (adecuación al uso, satisfacción del cliente), sin embargo considerando ésta en su sentido amplio: CALIDAD DEL SISTEMA.

Del análisis de estos tres indicadores se desprende que no pueden ser considerados ninguno de ellos de forma independiente, ya que cada uno brinda una medición parcial de los resultados. Es por ello que deben ser considerados como un Sistema de Indicadores que sirven para medir de forma integral la **productividad**

2.4 Mejora Continua

La mejora continua es una herramienta de incremento de la productividad que favorece el crecimiento estable y consistente en todos los segmentos de un proceso. Analizando el concepto de Proceso de Mejora; "**Proceso**" implica una secuencia relacionada de acciones, de pasos, y no tan solo un conjunto de ideas; "**Mejoramiento**" significa que este conjunto de acciones incremente los resultados

de rentabilidad de la empresa, basándose en variables que son apreciadas por el mercado (calidad, servicio, etc.) y que den una ventaja diferencial a la empresa en relación a sus competidores; "**Continuo**" implica que dado el medio ambiente de competencia en donde los competidores hacen movimientos para ganar una posición en el mercado, la generación de ventajas debe ser algo constante.

Un plan de mejora requiere que se desarrolle en la empresa un sistema que permita:

- Contar con empleados habilidosos, entrenados para hacer el trabajo bien, para controlar los defectos, errores y realizar diferentes tareas u operaciones.
- Contar con empleados motivados que pongan empeño en su trabajo, que busquen realizar las operaciones de manera óptima y sugieran mejoras.
- Contar con empleados con disposiciones al cambio, capaces y dispuestos a adaptarse a nuevas situaciones en la organización.

La mejora continua requiere:

- Apoyo en la gestión
- Retroalimentación y revisión de los pasos en cada proceso
- Claridad y responsabilidad de cada acto realizado
- Poder para el trabajador
- Forma tangible de realizar las mediciones de los resultados de cada proceso.

Lo anterior implica la participación de todos los integrantes de la empresa a través de sistemas de sugerencias e ideas, participando en grupos internos de mejora continua, participando en las actividades encaminadas a la resolución de problemas.

2.5 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicio o exceso, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se logra mediante el trabajo con personas bien organizadas y capacitadas, para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes.

Debemos entender que Lean Manufacturing es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes. (Socconini, 2008). Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los 7 tipos de "desperdicios" en productos manufacturados. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora, y el tiempo de producción y el costo se reducen. En la Figura 2.2 se muestran algunas herramientas Lean Manufacturing.

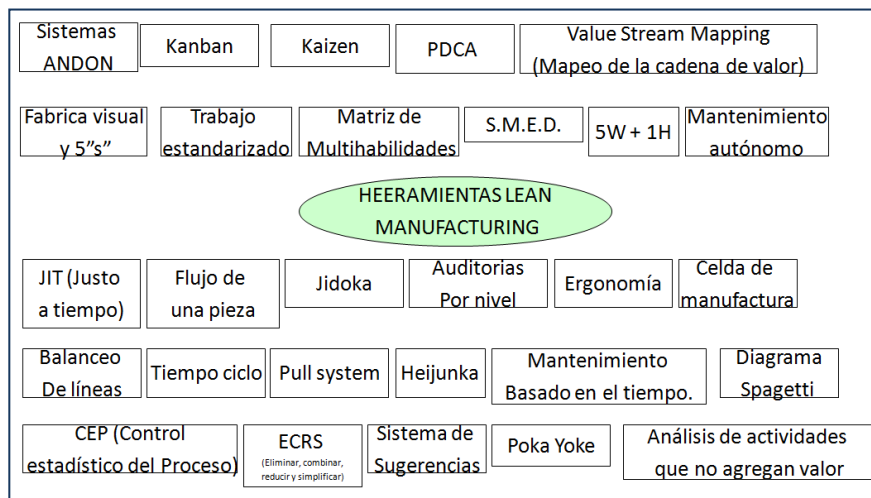


Figura 2. 2 Herramientas Lean Manufacturing

Hay diversas clasificaciones para las herramientas de Lean Manufacturing, ya que cada organización o empresa emplea estas según su sistema interno o como más les convenga. En el cuadro 2.1 se muestra una clasificación de herramientas por su utilidad (Socconini, 2008) .

Cuadro 2. 1 Clasificación de Herramientas por su utilidad.

Herramientas Básicas	Eventos kaizen para la mejora de procesos
	Las 5´s para orden y limpieza
	Control visual
Herramientas para mejorar la efectividad de los equipos	Manufactura celular
	Cambios rápidos de productos
Herramientas para mejorar la calidad	Prevención con AMEF
	A prueba de errores Poka Yoke
	Solucion de problemas con las 8D´s
Herramientas para control de materiales y producción	Kanban para control de materiales y producción
	Heijunke para la secuenciación de la producción
Herramientas para integración y control de la información	Trabajo estándar
	Contabilidad Lean para la toma de decisiones
Herramientas para la reducción de energía	Eventos de ahorro de energía
	Balanceo de carga de energía.

2.6 Productividad y sus limitantes

Para crear bienes y servicios se necesita transformar los recursos. Cuanto más eficiente hagamos la transformación, más productivos seremos y mayor será el valor agregado a los bienes y servicios entregados. La productividad es la razón entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas o insumos (recursos como mano de obra y capital).

Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia². Esta puede lograrse de dos formas: una reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien, el incremento de la salida mientras la entrada permanece

² Eficiencia significa “hacer bien el trabajo, con un mínimo de recursos y de desperdicio”. Observe la distinción entre eficiente; que implica hacer bien el trabajo, y efectivo, que significa hacerlo de la manera correcta. Un trabajo bien hecho nos ayuda a ser eficientes; el desarrollo o empleo de la estrategia correcta nos ayuda a ser efectivos.

constante (Heizer J. y., 2004). Los incrementos de la productividad dependen de **tres variables de productividad:**

1. Mano de obra, que contribuye en casi 10% del incremento anual.
2. Capital, el cual contribuye en casi 38% del incremento anual.
3. Administración, que contribuye alrededor de 52% del incremento anual.

Estos tres factores son decisivos para incrementar la productividad. Representan las grandes áreas en que los administradores pueden actuar para mejorar la productividad³.

Las técnicas actuales que dan como resultado incrementos en la productividad son: métodos, estándares de estudio de tiempos (también conocidos como medición del trabajo) y diseño del trabajo. Los objetivos principales de estas técnicas son: a) incrementar la productividad y la confiabilidad del producto tomando en cuenta la seguridad y b) reducir el costo unitario, para producir más bienes y servicios de calidad. (Niebel, 2004)

La productividad no es infinita, esta se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se pueden obtener a partir de los recursos disponibles. Los japoneses han clasificado estas limitantes de la productividad en tres grupos:

- Sobrecarga (muri): La productividad de los negocios y de las personas disminuye cuando se les impone una carga de trabajo que rebasa su capacidad. Si a los operadores se les exige que produzcan por arriba de sus límites normales, o cuando a las máquinas se les hace producir por

³ Los porcentajes son de Herbert Stein y Murray Foss, *The New Guide to the American Economy* (Washington, DC: la AIE Press, 1995):67.

encima de su capacidad, se provoca un agotamiento de los recursos más valiosos de la organización, disminuyendo así la productividad⁴.

- Variabilidad (mura): Se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos de entrada de los procesos, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquinaria; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad en los procesos.

- Desperdicios (mudas): cualquier actividad que consuma tiempo, recursos y/o espacio, pero que no contribuya a transformar o conformar una materia prima o información para satisfacer los requerimientos del cliente. Existen 7 clases de despilfarro (García A. A., 1998):
 1. Sobreproducción: Es el peor desperdicio, ya que es producir más cantidad de la requerida por los clientes.
 2. Defectos: Fabricar productos o prestar servicios que no alcancen los requisitos de los clientes (internos o externos).
 3. Transporte: Manipulaciones múltiples y almacenamiento de materiales. Todo transporte es una actividad que no agrega valor.

⁴ El despilfarro que se produce en el factor “mano de obra” es el peor de todos para el progreso de la humanidad y el bienestar de los hombres ya que si la mano de obra no produce lo suficiente, está no podrá ser retribuida correctamente, este despilfarro repercute en sí misma y en sus carencias: derechos sociales, retribución, tiempo libre. En absoluto esto que se cita es nuevo, en la mejora radical de las clases obreras, que pasaron de clase baja a clase media ya que se debe a Taylor y a su introducción al estudio científico del trabajo que a fecha de hoy ha conseguido multiplicar por cincuenta la productividad desde su inicio en los países desarrollados (Peter Ducker). La productividad se acerca cada vez más a su asíntota o tal vez no (Cruelles, 2010).

4. Inventario: Mantener o comprar materias primas innecesarias, inventario en proceso y productos terminados. (máquinas, materiales, personal).
5. Sobreproceso: Añadir operaciones innecesarias en los trabajos a desarrollar
6. Tiempos de espera: Esperar materiales o productos de procesos anteriores.
7. Movimientos innecesarios: Desplazamientos evitables de personas o movimientos de máquinas que alarguen innecesariamente los tiempos de proceso. Lo anterior conduce a riesgo de lesiones, desperdicio de tiempo y recursos extra utilizados. Para disminuir este desperdicio se debe tener el diseño adecuado de estaciones de trabajo (Mondelo, 2002) e instalaciones (Konz, 2004).

Para que cualquier negocio optimice sus ganancias es necesario incrementar el valor agregado del trabajo, para esto debemos identificar y eliminar todo aquel trabajo que no aporte valor. El valor agregado del trabajo es cualquier actividad que transforma o conforma una materia prima o información para alcanzar los requerimientos de un cliente tanto interno como externo. El valor agregado es la parte del trabajo por la que el cliente paga. (Socconini, 2008).

La detección, prevención y eliminación sistemática de los diversos tipos de desperdicios implica la necesidad de un fuerte liderazgo (Cravents, 1957), una administración participativa, disciplina, ética de trabajo, planes y estrategias, sistemas de medición e información y planes de capacitación continua. Eliminar los desperdicios es posible mediante la mejora continua de todos y cada uno de los procesos y actividades implicadas en la gestión de una empresa. Los beneficios de eliminar los desperdicios son:

- menos defectos
- mayores niveles de productividad
- menores costos
- mejores niveles de satisfacción
- menores tiempos de entrega

- menores tiempos de diseños
- tiempos más cortos de puesta en el mercado de productos.

2.7 Just in time

La filosofía básica de los sistemas justo-a-tiempo (JIT) es economizar en los costos de mantenimiento de inventario haciendo que los materiales lleguen a la planta manufacturera justo a tiempo para entrar al proceso de producción y no antes. El principal ahorro viene de acelerar el movimiento de los materiales en existencia; esto reduce los costos de mantenimiento de un inventario, tales como el costo de bodegas y almacenamiento.

Bajo un sistema de justo a tiempo, las partes entran al proceso de manufactura inmediatamente; no son almacenadas. Esto permite que los insumos defectuosos sean localizados inmediatamente. El JIT no es una función operacional, sino un mecanismo de planificación. (Alonzo, 2009)

El enfoque justo a tiempo se concentra en mantener un programa de producción nivelado, que mantiene la producción constante durante un periodo de tiempo. (Arnoletto, 2007). Las estrategias utilizadas por JIT son:

- Eliminar toda actividad innecesaria o fuente de despilfarro, por lo que intenta desarrollar el proceso de producción utilizando un mínimo de personal, materiales, espacio y tiempo.
- Fabricar lo que se necesita, en el momento en que se necesite y con la máxima calidad posible.

Las metas conocidas perseguidas por el JIT, también se le conoce como La teoría de los 5 ceros: Cero defectos, Cero averías, Cero inventarios, Cero plazos, Cero papel. JIT implica la utilización de las siguientes herramientas:

- Nivelados de producción, MRP (Material Requirements Planning). (García A. A., 1998)
- Sistema Kanban
- Reducción de los tiempos de preparación y de fabricación
- Estandarización de las operaciones
- Capacidad de adaptación a la demanda mediante flexibilidad en el número de trabajadores: **Shojinka**
- Programas de recogida y aprovechamiento de las ideas y sugerencias de los trabajadores para mejorar las operaciones e incrementar la productividad: **Soikufu**
- Control autónomo de los defectos o **Jidoka**
- Mantenimiento productivo total
- Las relaciones de los proveedores con los clientes

2.8 Celda de manufactura

Una celda de manufactura está conformada por elementos de trabajos que se pueden asignar a estaciones de trabajo de tal manera que maximicen su eficacia. (Zandin, 2005) Deben de existir ciertas condiciones para que la celda de manufactura sea práctica:

- **Cantidad:** el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- **Equilibrio:** Los tiempos necesarios de cada operación deben ser aproximadamente iguales. Además de incrementar la línea como un medio de incrementar la eficiencia, hay otras herramientas como evaluar con más minuciosidad el plan de proceso desde las perspectivas de elementos de trabajo y operaciones individuales. En ocasiones, las variaciones menores al separar los elementos de trabajo determinan una línea mucho más equilibrada. (Zandin, 2005)

- **Continuidad:** deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, etc., y la prevención de fallas de equipo.

2.9 Balanceo de líneas

Un balanceo de línea es la asignación de actividades, máquinas, balanceando los tiempos de operación, pueden ser vistos dos enfoques (balanceo de tiempos de las actividades de los operadores o balanceo de tiempos de operación de máquinas). El balanceo de líneas casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajos empleados. Después, se deben determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble. La administración también necesita conocer la relación de precedencia entre las actividades, es decir, la secuencia en que deben desempeñarse las tareas. El propósito de la técnica de balanceo de líneas es (Meyers, 2004):

- Igualar la carga de trabajo entre operadores
- Identificar la operación cuello de botella
- Establecer la velocidad de la línea de ensamble
- Determinar el número de estaciones de trabajo
- Determinar el costo por mano de obra de ensamble y empaque
- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador
- Ayudar en la disposición física de la planta
- Reducir el costo de producción

El objetivo del balanceo de líneas es equilibrar las cargas de trabajo, ya sea equilibrando los tiempos de operación de los trabajadores, o los de máquina.

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea (Heizer R.). Los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

- Conocidos los **tiempos de las operaciones**, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- Conocido el **tiempo de ciclo**, minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Conocido el **número de estaciones de trabajo**, asignar elementos de trabajo a la misma.

El balanceo de líneas se apoya en fórmulas que ayudan a calcular los elementos descritos anteriormente (Niebel, 2004). Existen dos conceptos básicos de línea: capacidad flexible y flujo secuencial de piezas.

El problema de determinar el número ideal de trabajadores que desean asignarse a una línea de producción es análogo al de determinar el número de operarios asignados a una estación de trabajo; el diagrama de proceso de grupo resuelve ambos problemas. Quizá la situación más elemental de balanceo de líneas, además de encontrarse con frecuencia es aquella en el que varios operarios, cada uno realizando operaciones consecutivas, trabajan como unidad (Monks).

La Implementación de Balanceo de líneas ofrece una ventaja competitiva (Arias, 2000), ya que nos permite responder a la demanda cambiante del mercado, sin embargo, para optimizar esta herramienta se requiere su interacción con otras herramientas de Lean Manufacturing, tales como: Eliminación de Mudas, JIT⁵ (Alonzo, 2009), Flujo Continuo, Sistema Jalar, Estudio de Trabajo⁶ (Hicks,

⁵ Just in Time. La filosofía básica de los sistemas Justo-a-Tiempo (JIT) es economizar en los costos de mantenimiento de inventario.

⁶ El Estudio de Trabajo es la terminología equivalente en Gran Bretaña de lo que ahora se denomina Ingeniería de Métodos y que se llamaba antes Estudio de Tiempos y Movimientos en Estados Unidos.

2003), SMED⁷ (Socconini, 2008), Operaciones Estandarizadas, TPM⁸ (Productivity, Press., 1977), Optimización de Layout, Diagrama de Espagueti, VSM⁹ (Socconini, 2008), Trabajo en equipo, entre otras.

2.9.1 Elementos a considerar en el balanceo de líneas

Distribución de planta: El objetivo principal de una distribución de planta efectiva es desarrollar un sistema de producción que permita la manufactura del número deseado de productos, con la calidad deseada, al menor costo. La distribución física es el elemento importante del sistema de producción que comprende instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho. Todos esos elementos deben integrarse para satisfacer el objetivo establecido. Aunque es difícil y costoso hacer cambios de arreglo existente el analista debe revisar cada porción de la distribución completa. Las malas distribuciones de planta dan como resultado costos importantes. Por desgracia, la mayoría de estos costos son ocultos y, en consecuencia, no es sencillo exponerlos. Los costos de mano de obra indirecta debidos a transportes lejanos, rastreos, retrasos y paros de trabajo por cuellos de botella son característicos de una planta con una distribución anticuada y costosa (Meredith, 2002).

Tipos de distribución: A continuación se describirán dos tipos de distribuciones; distribución por producto o en línea y distribución por proceso o funcional.

⁷ Single Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en solo un dígito de minuto. Se aplica para asegurar que la célula trabaje a su máximo potencial.

⁸ Mantenimiento Productivo Total, es un planteamiento integral para eliminar las pérdidas relacionadas con los equipos tales como las averías, defectos de calidad, velocidades de máquinas ralentizadas, cortos periodos de vida de las máquinas, etc.

⁹ Mapeo de la Cadena de Valor: representación gráfica de elementos de producción e información.

Distribución por producto o en línea: La distribución por producto tiene algunas desventajas. Debido a que una gran variedad de oficios están representados en un área pequeña, la insatisfacción de los empleados puede ser grande. Esto ocurre, en especial, cuando las distintas oportunidades van aparejadas con diferencias notorias en la remuneración. Dado que se agrupan instalaciones muy diferentes, la capacitación de los operarios puede ser complicada, sobre todo si no se dispone de un trabajador especializado en el área inmediata que enseñe a uno nuevo. El problema de encontrar supervisores competentes también es considerable debido a la variedad de instalaciones y tareas que deben supervisar. También, este tipo de distribución una inversión inicial mayor, ya que se requieren líneas de servicios duplicadas, como aire, agua, gas, combustible y energía. Otra desventaja de agrupar por producto es que el arreglo tiende a parecer desordenado y caótico. En estas condiciones puede ser difícil promover la limpieza y el orden. Sin embargo, estas desventajas se compensan con las ventajas, si los requerimientos de producción son sustanciales.

Distribución por proceso o funcional: La distribución por proceso es el agrupamiento de instalaciones similares. Aquí, se agrupan los tornos en una sección, departamento o edificio. Las fresadoras, los taladros y las troqueladoras también se agrupan en sus respectivas secciones. Este tipo de arreglo tiene la apariencia de limpieza y orden, y tiende a promoverlos. Otra ventaja de la distribución funcional es la facilidad con que se capacita al operario. Rodeado de empleados experimentados que operan máquinas similares, el nuevo trabajador tiene la oportunidad de aprender de ellos. El problema de encontrar supervisores competentes es menor, pues las demandas de trabajo no son grandes. Como estos supervisores solo tienen que conocer un tipo general o clase de instalaciones, su experiencia no tiene que ser extensa como la de los supervisores del agrupamiento por producto. Además, si las cantidades fabricadas de productos

similares son limitadas y se tienen órdenes especiales frecuente, una distribución por proceso es más satisfactoria.

La desventaja de agrupar por proceso es la posibilidad de transportes largos y de regresos constantes de los trabajos que requieren una serie de operaciones en varias máquinas. Por ejemplo, si las instrucciones de operación de un trabajo especifican una frecuencia de perforar, voltear, maquinar bordes y pulir, el movimiento del material de una sección a la siguiente puede ser en extremo costoso. Otra desventaja importante es gran volumen de documentación requerida para emitir órdenes y controlar la producción entre secciones.

2.10 Flujo de una pieza

El flujo de una pieza es una filosofía de manufactura que soporta el movimiento del producto de una estación de trabajo a la siguiente- una pieza por vez- sin permitir que aumente el stock entre estaciones. El objetivo de Lean es crear un flujo pieza a pieza a través del recorte constante de esfuerzos en forma de desperdicios y de los tiempos que no añaden valor a nuestro producto. Cuando uno introduce un flujo pieza a pieza, ¿cómo puede saber a qué velocidad debe estar diseñada para funcionar? ¿Cuál debería ser la capacidad de los equipos? ¿Cuánta gente se requiere? La respuesta es el tack time (Liker, 2004).

Tack es una palabra alemana referida como ritmo o compás. Tack es la frecuencia de demanda del cliente, la frecuencia con la que el cliente compra el producto. Los conceptos de flujo continuo y tack time son más fáciles de aplicar en operaciones repetitivas de fabricación y servicios. Las ventajas de flujo pieza a pieza son:

- Fabricar calidad

- Creación de flexibilidad real: si el lead-time para fabricar un producto es muy corto, se tienen más flexibilidad para responder y hacer lo que realmente el cliente desea.
- Alcanzar mayor productividad: en una célula de flujo pieza a pieza existe una pequeña cantidad de actividad de valor no añadido, utilizada para que los materiales se muevan fase a fase, es sencillo calcular el valor añadido y llegar a evaluar cuanta gente es necesaria para alcanzar un determinado nivel de producción.
- Liberación de espacio en planta: en una célula, todo está situado cerca y hay muy poco espacio desperdiciado por inventarios.
- Mejora de la seguridad: debido a que el material movido en la planta se hace en lotes menores.
- Mejora en el estado de ánimo: las personas realizan más trabajo de valor añadido y observan resultados inmediatos a su trabajo, lo que les proporciona una doble sensación de realización y de satisfacción en su tarea.

La producción de una sola pieza del flujo puede ayudar a solucionar estos problemas:

- Los clientes pueden recibir un flujo de productos con menos retraso
- Los riesgos por daño, deterioración, o la obsolescencia bajan
- Permite el descubrimientos de otros problemas para poderlos tratar
- Conduce a la mejora continua eliminando inventario

2.11 Flujo continuo

Cada sistema de producción, está caracterizado esencialmente por su proceso productivo los cuales buscan el comportamiento apropiado de las diferentes dimensiones de fabricación y empresariales. El flujo continuo tiene las siguientes características:

- Es automatizado, requiere mayor capital y es menos flexible
- Cada máquina y equipo están diseñados para realizar la misma operación y preparados para aceptar de forma automática del trabajo suministrado por la máquina precedente.
- Está diseñado para fabricar un producto o familia limitada de productos en volúmenes muy elevados
- El diseño de producto es muy estable
- El flujo de material es continuo y sincronizado
- Este rígido sistema se basa en un proceso muy automatizado, costoso y especializado en la obtención de un producto estándar, donde la homogeneidad es total y absoluta, funcionando continuamente con mínima intervención del personal de línea.

2.12 Pull system (sistema jalar)

Un sistema jalar es un sistema de producción donde cada operación jala el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando lo requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno.

En la orientación “pull” o de jalar, las referencias de producción provienen del centro de trabajo precedente. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la cantidad exacta para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva incluyendo proveedores y vendedores.

2.13 Diseño de puestos de Trabajo

Es importante diseñar los puestos de trabajo teniendo en cuenta los factores humanos. Los puestos de trabajo bien diseñados tienen en cuenta las

características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad. La manera en que se diseña un puesto de trabajo determina si será variado o repetitivo, si permitirá al trabajador estar cómodo o le obligará a adoptar posiciones forzadas y si entraña tareas interesantes o estimulantes o bien monótonas y aburridas. A continuación se exponen algunos factores ergonómicos que habrá que tener en cuenta al diseñar o rediseñar puestos de trabajo:

- Tipos de tareas que hay que realizar
- Cómo hay que realizarlas
- Cuántas tareas hay que realizar
- El orden en que hay que realizarlas
- El tipo de equipo necesario para efectuarlas

Además, un puesto de trabajo bien diseñado debe propiciar lo siguiente:

- Permitir al trabajador modificar la posición del cuerpo
- Incluir distintas tareas que estimulen mentalmente
- Dejar cierta libertad al trabajador para que adopte decisiones, a fin de que pueda variar las actividades laborales según sus necesidades personales, hábitos de trabajo y entorno laboral
- Dar al trabajador la sensación de que realiza algo útil
- Facilitar formación adecuada para que el trabajador aprenda qué tareas debe realizar y cómo hacerlas
- Facilitar horarios de trabajo y descanso adecuados gracias a los cuales el trabajador tenga tiempo bastante para efectuar las tareas y descansar
- Dejar un período de ajuste a las nuevas tareas, sobre todo si requieren gran esfuerzo físico, a fin de que el trabajador se acostumbre gradualmente a su labor

2.14 Flexibilidad y motivación

Los líderes del grupo de trabajo deben preocuparse por dar a sus trabajadores cierto grado de flexibilidad. Un líder debe dar motivación a sus colaboradores. La motivación está constituida por todos los factores capaces de conducir la conducta de los individuos hacia un objetivo. Motivación es toda fuerza o impulso interior que inicia, mantiene y dirige la conducta de una persona con el fin de lograr un objetivo determinado. En el ámbito laboral «estar motivado» supone estar estimulado e interesado suficientemente como para orientar las actividades y la conducta hacia el cumplimiento de unos objetivos establecidos previamente. El conocimiento y la información de los que hacen directamente el trabajo de transformación o de servicio deben incluirse en los trabajos diarios. Las personas tienden, de modo natural, a resistirse ante las ideas que se les obliga a aceptar, pero se sienten identificados con las ideas que ayudan a desarrollar. Si pueden implantar sus propias ideas, las personas se sienten altamente motivadas. (Nikkan, 1990)

El trabajo en equipo es la manera más eficaz de resolver los problemas y de conseguir los resultados definidos. El trabajo en equipo es posible siempre y cuando exista una buena organización y una asignación correcta de responsabilidades y tareas perfectamente definidas.

2.15 Herramientas de Calidad

Existen algunas Herramientas utilizadas en calidad que proporcionan ayuda para analizar la información, a continuación se tratarán algunas de ellas.

2.15.1 Estratificación

En la Figura 2.3 se muestra un ejemplo de un diagrama de Estratificación.



Figura 2. 3 Ejemplo de un Diagrama de Estratificación.

2.15.2 Principio de Pareto

Wilfredo Pareto, descubrió que el efecto ocasionado por varias causas, tienen una tendencia bien definida ya que aproximadamente **20% de las causas originan el 80% del defecto**, y el 80% de las causas restantes son responsables del 20% del resto del efecto. Este fenómeno se repite con una aproximación aceptable, lo que permite aplicarlo a fines prácticos. En la Figura 2.4 se muestra gráficamente el principio de Pareto.

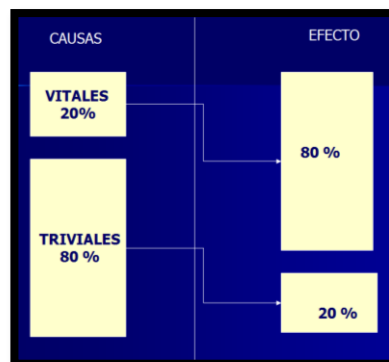


Figura 2. 4 Representación gráfica del Principio de W. Pareto.

Se debe mencionar que las causas responsables del 80% del efecto se les llama **causas vitales** y a las restantes se les denomina **causas triviales**, sin embargo, existe entre la frontera de ambas una pequeña zona de causas, que sin ser vitales, no se les puede considerar como triviales, por lo que se les llama causa de transición o causas importantes. El diagrama de Pareto nos permite

identificar las causas vitales y las causa triviales que originan un problema. En la Figura 2.5 se muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto.

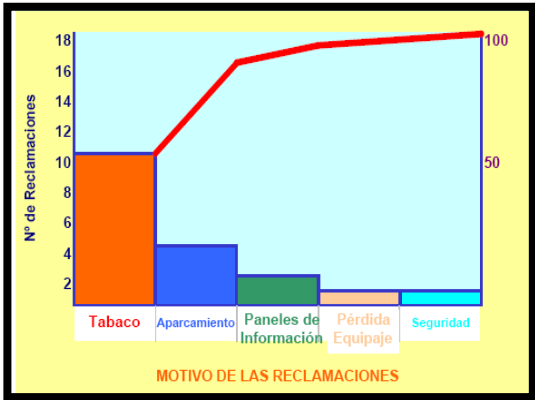


Figura 2. 5 Ejemplo de un Diagrama de Pareto

2.15.3 Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

El diagrama causa efecto permite analizar las posibles causa que dan origen a un problema regularmente se consideran las 6 M’s para su análisis: Métodos, Máquinas, Mano de Obra, Medio Ambiente, Materia Prima y Materiales, Mediciones. En la Figura 2.6 se muestra el ejemplo de la estructura de un Diagrama Causa-Efecto.

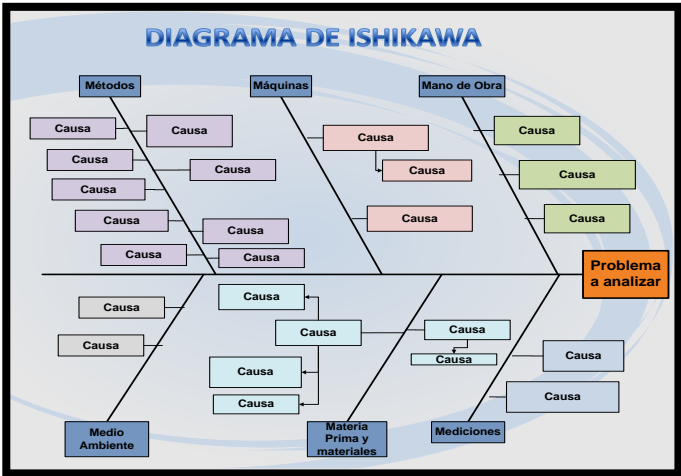


Figura 2. 6 Ejemplo de un Diagrama Causa-Efecto.

III. METODOLOGIA

3.1 Descripción del lugar donde se realizó el trabajo

El proceso de costura de las bolsas de aire básicamente está caracterizado por los siguientes aspectos:

- Se utilizan máquinas de coser, estas pueden ser manuales o automáticas. Las máquinas automáticas, tienen dispositivos que les permite controlar la calidad de la costura.
- Se requiere del conocimiento del operador en las operaciones de ensambles, para la colocación de componentes.
- La calidad de la costura de las máquinas manuales depende de la habilidad del operador.
- La calidad de la costura es inspeccionada al finalizar cada operación por el propio operador

El proceso de manufactura de bolsas de aire para automóviles se realiza en máquinas de coser, consiste en ir ensamblando componentes a través de diferentes tipos de costura. El proceso de costura depende de las siguientes características:

- Costuras definidas en el diseño
- Geometría de la bolsa (determinada en el diseño).
- Tipo de bolsa, familia del producto
- Tipos de hilos utilizados
- Tipo de máquinas empleadas para la realización de la costura (manual o automática).

El proceso de manufactura de bolsas de aire para automóviles se realiza en máquinas de coser, consiste en ir ensamblando componentes a través de diferentes tipos de costura. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la manufactura de una bolsa de aire.

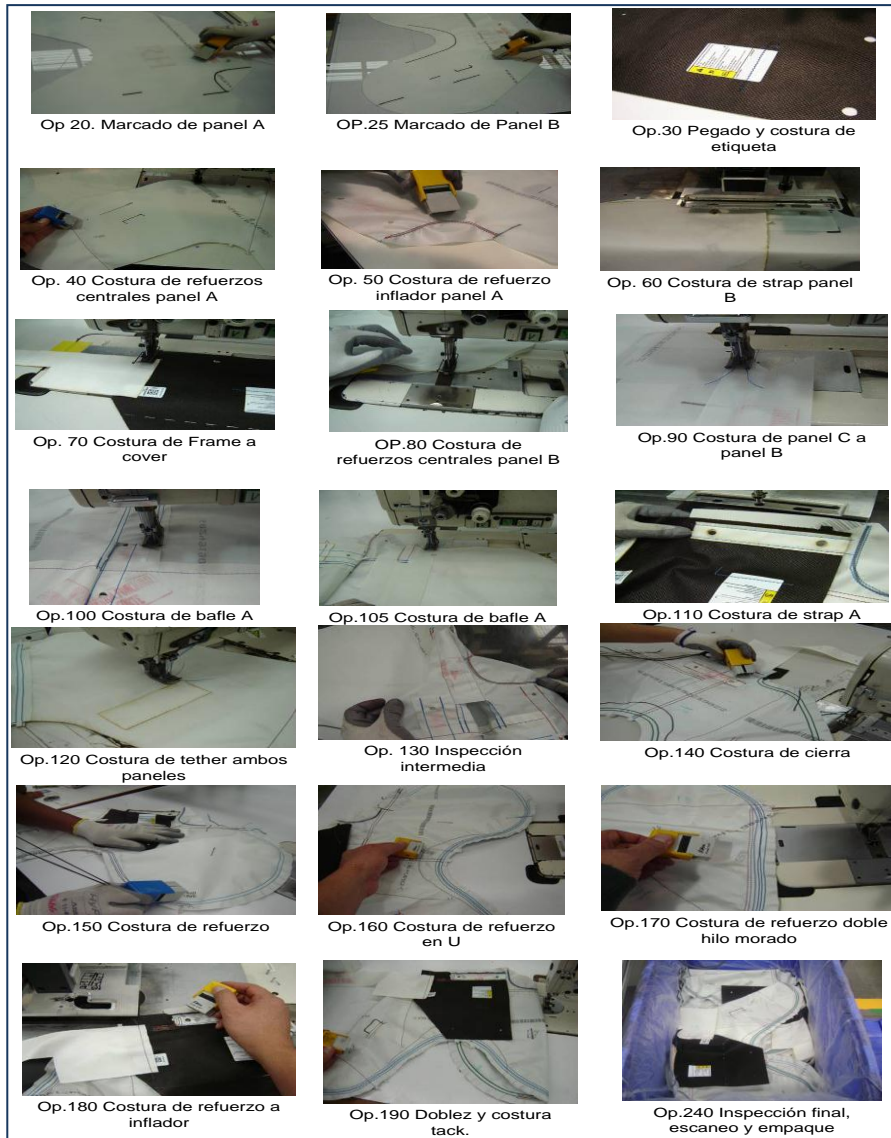


Figura 3. 1 Descripción del proceso de manufactura de bolsa de aire

Debido a las características del proceso de costura de bolsas de aire, regularmente cuando cambia la demanda las celdas sufren pocas modificaciones en cuanto al número de máquinas; si aumenta la demanda se pueden introducir más máquinas destinadas a las operaciones cuello de botella, si baja la demanda se tiene contar con número de máquinas designados para operaciones, ya que cada operación tiene características propias (tipos de hilo, cantidad de hilos, programación de costura, programación de remaches etc.) Debido a lo anterior, la administración de concentra a ajustar el número de operadores de acuerdo a la demanda.

3.2 Diseño de la investigación

En esta sección se describe de forma general las etapas en las que se realizó la investigación. Para el desarrollo de esta investigación se realizó análisis en varias celdas de manufactura. El procedimiento que se siguió para el mejoramiento fue el ciclo de Deming (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), siendo una guía lógica y racional para actuar en una gran variedad de situaciones, cuya una de sus finalidades es resolver problemas (Escalante, 2009). La metodología que se siguió está definida por las etapas para realizar una mejora (Socconini, 2008):

- **Planificación:** En esta fase se definieron los puntos concretos, en los que es necesario realizar mejoras y a los que se le aplicaron el Benchmarking a las celdas más productivas, elaborándose un plan de estudio en el que se determina el objetivo de la recogida de datos.
 - Definir el problema y seleccionar el proyecto
 - Definir y describir el proceso

- **Análisis:** Se obtuvieron los datos necesarios sobre la que se llevó a cabo la comparación, realización de un estudio de los datos para conocer puntos fuertes, se cuantificaron las diferencias negativas o positivas actuales y se proyectaron con el fin de perfilar acciones futuras y cerrar el ciclo de análisis.
 - Definir y describir el proceso
 - Evaluar los sistemas de medición
 - Determinar variables significativas
 - Evaluar estabilidad y capacidad del proceso

- **Integración:** Se fijaron los objetivos de mejora que se deseaban alcanzar y se determinó un plan de acción para cada uno de ellos, estableciéndose un proceso interno que permitió la integración de los objetivos, fue importante una sensibilización del personal a todos los niveles de la empresa.

- **Acción:** Desarrollo y ejecución del plan de acción definitivo, seguimiento continuo del plan evaluando los resultados de mejora y la cuantificación de la contribución de estos resultados al plan operativo.
 - Optimizar y robustecer el proceso
 - Validar la Mejora
- **Madurez:** Alcanzar la situación de Liderazgo deseado, integración definitiva y plena del Benchmarking en el proceso de Gestión Empresarial.
 - Controlar y dar seguimiento al proceso, a través de la estandarización en la Figura 3.2 se esquematiza el procedimiento de estandarización a utilizado.
 - Mejorar continuamente

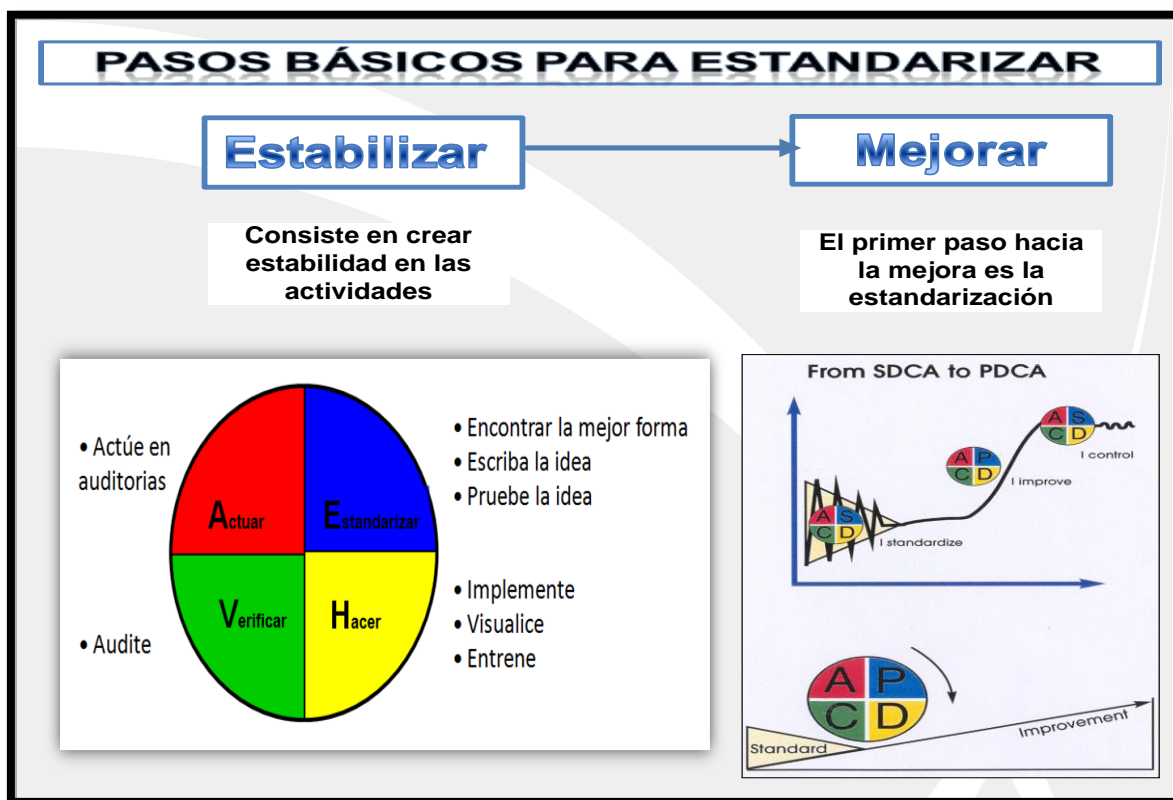


Figura 3. 2 Pasos básicos para estandarizar.

En la Figura 3.3 se muestra el ciclo de mejora a seguir durante la realización del proyecto.

CICLO DE MEJORA CONTINUA

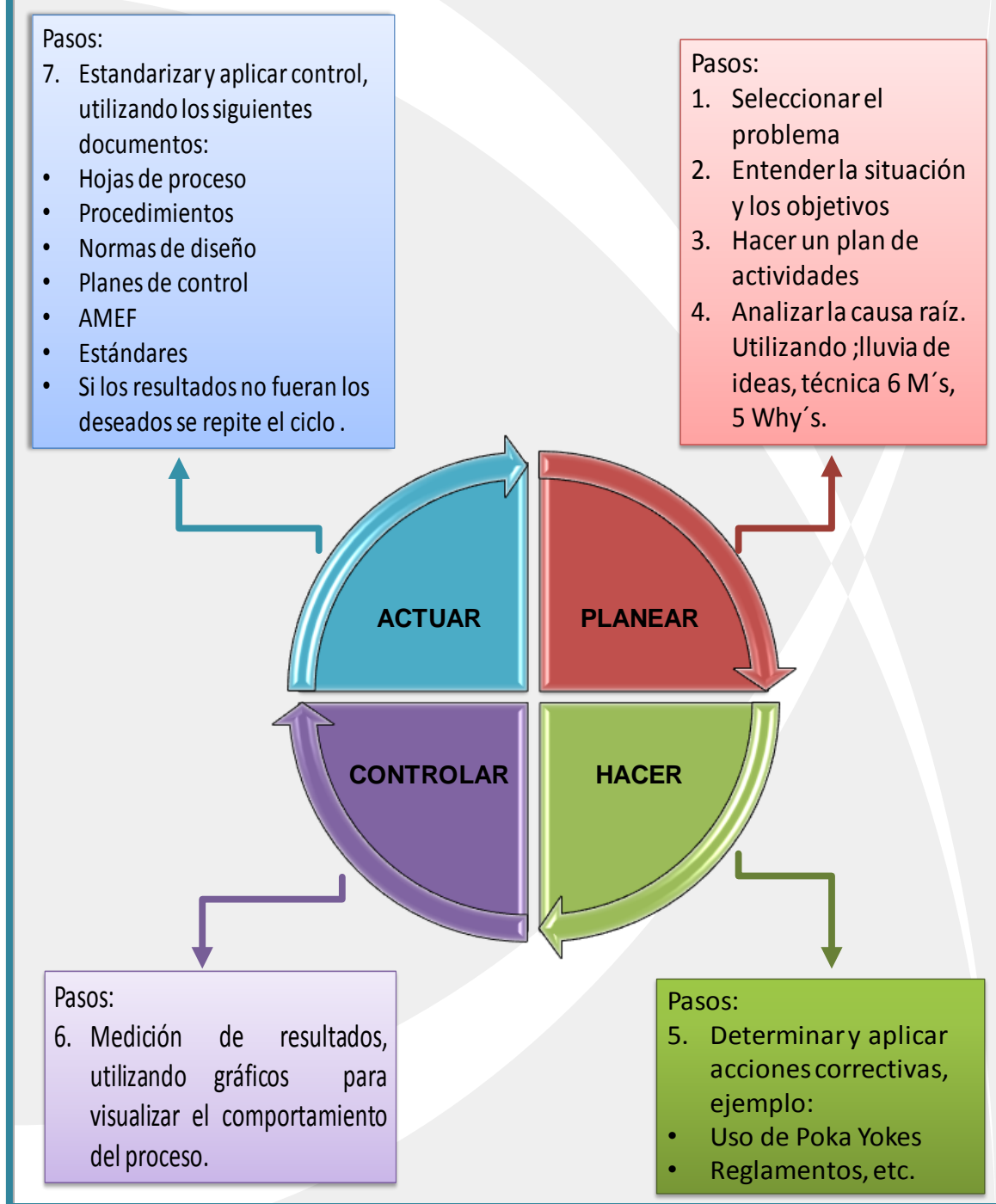


Figura 3. 3 Ciclo de Mejora Continua (Elaboración propia).

En el **apéndice A** se muestra un cronograma con las fechas de realización de cada actividad requerida en el desarrollo de esta investigación.

3.2.1 Recursos materiales y humanos a utilizar

El área productiva objeto de este estudio es la familia de bolsas laterales para el desarrollo del presente estudio fue necesario el involucramiento del personal a varios niveles por cuestiones de política de confidencialidad solo serán mencionados los puestos de los involucrados. En el Cuadro 3.1 Se enlista al personal cuya participación fue significativa para la realización del presente proyecto.

Cuadro 3. 1 Colaboradores en el Desarrollo de la Investigación.

Cantidad de Personal Involucrado	PUESTO
1	Gerente de AMC (Célula de Manufactura Autónoma)
2 (Uno por turno)	Ingeniero de procesos área de bolsas laterales
2 (Uno por turno)	Supervisores de Producción
1	Ingeniero de calidad
2	Supervisor de Mantenimiento
4 (Dos por turno)	Técnicos de Mantenimiento
4 (Dos por turno)	Audidores de Calidad
1	Coordinador de Mejora
2	Implementadores de Ideas
8 (Cuatro por turno)	Coordinadores de Producción
1 por celda	Encargado de celda
Mínimo 3 por celda Máximo 13 por celda	Operadores de la celda
1	Técnico de Maquinado

Los recursos materiales a utilizar serán: cronómetros, contadores de piezas, Material para posibles maquinados, sala de juntas, proyectores, pizarrones móviles para el despliegue de información a las celdas, papel rotafolio, entre otros.

3.2.2 Relaciones Cooperativas

En la actualidad muchos trabajadores no sólo ganan un salario o pago por día o por hora sino también obtienen algún tipo de incentivo. Existen varios planes de incentivos. Por ejemplo, los programas de incentivos individuales ofrecen un ingreso adicional y por encima del salario base de los trabajadores que alcancen un estándar de desempeño específico e individual. El pago variable se refiere a planes de salario global que vinculan los pagos con la productividad o con alguna otra medida de rentabilidad de la compañía, en este caso, el pago no se convierte en parte del salario base de la persona (Dessler, 2004).

Las relaciones laborales cooperativas son la base y el fundamento de los incrementos de la productividad, lo que exige la creación de una cultura de trabajo en equipo. Esta cultura, que busca mejorar continuamente los resultados de la gestión, ligada a una alianza estratégica de todos los que componen la organización, inspirados por los objetivos y beneficios comunes.

En el fondo, lo que tiende a establecerse es la cadena que liga cultura de trabajo en equipo (alianza estratégica, involucramiento y participación de los trabajadores y dirigentes sindicales), y la excelencia de la productividad y eficiencia, base de la competitividad. El trabajador se vincula a este proceso, por vía del equipo. En este sentido, el equipo es más que la suma de cada uno de sus componentes (Frías, 2001).

En este proyecto se utilizó la relación directa con los trabajadores a través del sistema de sugerencias, es decir, se involucró a los trabajadores y se tomaron acciones derivadas de las mejoras propuestas por el equipo de trabajo (operadores, líderes de producción, auditores de calidad, supervisores de calidad). Y cada uno de los proyectos fue presentado ante los Gerentes de todas las áreas, para dar conocer, las problemática, la solución o mejora de la misma, y los logros obtenidos.

3.3 Sujetos experimentales empleados

En la sección 1.3 se definieron las hipótesis de esta investigación, en base a estas se describirán los sujetos experimentales empleados, porque fueron seleccionados, el manejo que recibieron y características que le permitirán al lector entender cómo se realizó el trabajo, en esta etapa es recomendable tener en cuenta los términos tratados en la sección 2.3 Productividad.

Se abordó un sistema de indicadores que nos sirviera a medir la productividad y por ende la calidad del proceso, estos indicadores fueron:

- Grado de satisfacción del cliente
- Efectividad en el cumplimiento de los compromisos: Estos indicadores fueron fijados conjuntamente con el supervisor de producción y el planeador de producción a través de metas internas de la y el cumplimiento del MPS (Plan Maestro de Producción), donde se fijan las cantidades requeridas por el cliente, esto determino niveles de compromiso de cantidad, calidad y oportuna entrega.

Efectividad en compromisos de calidad: Con este indicador se evalúa la proporción de productos que no cumplen las especificaciones, es decir aquellos que no cumplen o no están conformes con las características o requerimientos acordados con el cliente. Es un indicador que nos da un conjunto de fallas, ya sean internas o externas.

Efectividad en entregas: Al cumplir con el MPS (Programa Maestro de Producción). Este programa es realizado por los planeadores de producción, en este se administran las cantidades a producir, con la finalidad de cumplir al cliente en cantidad, calidad y tiempo de entrega.

- Eficiencia en el uso de los recursos: La eficiencia en el uso de los recursos se refiere al aprovechamiento que hacemos de ellos, lo cual es un aspecto clave dentro del mejoramiento de la calidad. Eficiencia es aquella que va ligada al incremento del valor creado y del valor agregado. Aquello mediante la cual mejoramos en cantidad y calidad nuestros productos, disminuyendo la cantidad de insumos requeridos. Por ello debemos centrar nuestra atención en la reducción de los desperdicios, estos fueron tratados en la sección 2.6 “Productividad y sus limitantes”.

Este indicador se refiere específicamente al logro de un producto eficientemente y se enfoca específicamente a la relación del producto con el insumo utilizado para obtenerlo.

La eficiencia productiva total es el punto en el cual se satisfacen dos condiciones: 1) para cualquier combinación de insumos que se utilizan en determinada producción, no se usa más de cualquier insumo que el mínimo necesario para lograr esa producción y 2) dadas las combinaciones que satisfacen la primera condición, se selecciona la menos costosa. La primera relación está dada por condiciones técnicas y, por consiguiente, se conoce como **eficiencia técnica**. La segunda condición está dada por la relación de precios de los insumos y se le conoce como **eficiencia económica**.

Todo mejora realizada en los procesos estuvo enfocada a mejorar los indicadores de eficiencia: reducción del número de unidades defectuosas, utilizar menos materiales y menos mano de obra para lograr la misma producción.

Cuando nos detenemos a revisar las actividades que realizamos en una celda de manufactura mediante un diagrama de proceso, podremos ver inmediatamente que a veces es mayor el tiempo que el insumo, objeto de transformaciones, pasa en espera, transporte e inspecciones, que el tiempo en que realmente es transformado (tiempo de operaciones). Esto se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Operación} = \text{Tiempo Total de operación} \quad \text{Ecuación 3. 1}$$

Tiempo de operación: tiempo en el cual el insumo es objeto de transformación que le añade valor en una operación determinada.

Tiempo total: tiempo que transcurre desde que el/los insumos llegan al proceso, hasta que el producto es empacado como producto final.

El tiempo total es la sumatoria de los tiempos de operaciones, en inventario, y espera, así como tiempo de transporte, mediciones, cambios y puesta a punto de las operaciones.

- Grado de satisfacción y motivación de los recursos humanos: Este indicador es considerado como un aspecto en sí mismo muy vinculado a la productividad y a la calidad, no lo podemos desligar de la responsabilidad de aquel que gerencia una empresa, o un área o proceso. Vinculado a este indicador podemos analizar aspectos como la comunicación, el liderazgo, el entrenamiento, el desarrollo y la participación del trabajador como factores de motivación.

También y como consecuencia de fallas en los factores previamente señalados, se observan incrementos o variaciones de índices como el ausentismo y la rotación del personal, que son normalmente controlados, pero se interrelacionan habitualmente con los anteriores.

- Grado de satisfacción del Cliente: El grado de satisfacción del cliente fue medido a partir de dos aspectos básicos: a) concordancia del diseño del producto o servicio con los requisitos que él valora y b) concordancia del producto o del servicio con las especificaciones del diseño. Este concepto también se utilizó para la cadena de clientes internos de la organización.

3.4 Sistema de indicadores de gestión a utilizados

Para medir el desempeño de un indicador necesitamos de un sistema de indicadores de gestión. Estos son la expresión cuantitativa del comportamiento de la empresa, de un área o proceso; cuya magnitud, de ser comparada con algún otro nivel de referencia, nos podrá estar señalando una desviación sobre la cual se tomaron acciones correctivas o preventivas según el caso.

3.5 Variables

Existen diversas variables en el análisis de la productividad de una celda de manufactura, estas variables son propiedades o características observables del objeto de estudio, estas pueden adoptar o adquirir diversos valores y ésta variación es susceptible a medirse. Esta investigación tiene como propósito observar la interrelación de las siguientes variables: implementación de herramientas Lean Manufacturing, implementación de balanceo de líneas e involucramiento de empleados para mejoras en la productividad. Por lo cual, las variables de esta investigación son:

- Variable dependiente: (y) reciben este nombre las variables a explicar, es decir, el objeto de estudio de la investigación. En nuestro caso de estudio la variable dependiente es: **Índice de Productividad.**
- Variables independientes: (x) son las variables explicativas, es decir, los valores susceptibles de explicar las variables dependientes, las cuales son: **Implementación de herramientas Lean Manufacturing, Implementación de balanceo de líneas e Involucramiento de personal.**

3.5.1 Definiciones de las variables

Las definiciones de las variables que manejaremos serán las siguientes:

- Definición conceptual: es la que se propone desarrollar y explicar el contenido del concepto.
- Definiciones operacionales: son las denominadas definiciones de trabajo, con estas definiciones no se pretende expresar todo el contenido del concepto, sino identificar y traducir los elementos y datos empíricos que expresan o identifican el fenómeno en cuestión. Asigna significado a un concepto describiendo las actividades ejecutables, observables y factibles de comprobación.
- Indicadores: son el máximo grado de operacionalización de las variables. Son instrumentos que nos permiten señalar la presencia o no de una variable.

Cuadro 3. 2 Definición de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicador
Productividad	Relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.	Es la relación de las salidas de un proceso y sus entradas.	Índice de productividad = [(Desempeño durante el periodo actual - indicador del periodo anterior)/Indicador del periodo anterior]* 100
Lean Manufacturing	Un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicio o exceso.	Eliminación de toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo.	Implementación de herramientas Lean Manufacturing para solucionar problemas
Balanceo de Líneas	Un balanceo de línea es la asignación de actividades, máquinas, balanceando los tiempos de operación	Balanceo de tiempos de las actividades de los operadores. Balanceo de tiempos de operación de máquinas	Nivel de seguimiento en la implementación de balanceo de líneas LMPU (Labor minute per unit): Es un índice general es un indicador a nivel gerencial y se emplea para medir la productividad de un tiempo ya transcurrido.
Involucramiento del personal operativo	El involucramiento en el trabajo se refiere a la medida en que el empleado se identifica con su trabajo, a su participación activa en el mismo y a la importancia que su desempeño laboral tiene para su amor propio (Robbings, 2002).	Sentimiento de compromiso del personal operativo con el logro de objetivo.	Grado de compromiso del empleado al logro de objetivos
		Realización de actividades con la participación del personal operativo	Grado de participación en mejoras relacionadas a flujo de material, distribución de cargas de trabajo. Nivel de comunicación en la celda de producción.

3.5.2 Tipo y forma de experimentación

El tipo de estudio a realizar es descriptivo, ya que sirve para analizar como es y cómo se manifiesta un fenómeno (incremento de la productividad) y sus componentes estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos (Índice de productividad, MPB, LMPU). La investigación también va ser de tipo explicativa, ya que busca encontrar las razones o causas que ocasionan el incremento de la productividad, explicando porque y cuando ocurre y las condiciones para que se dé.

La investigación que se realiza en este proyecto es **correlacional**, debido a busca relacionar el incremento de la productividad con la implementación de balanceo de líneas en interacción con herramientas de Lean Manufacturing considerando el involucramiento del personal objetivo con la intención de incrementar la productividad.

El tipo de investigación es **no experimental**, ya que no se manipulan directamente las variables, si no que se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para posteriormente realizar el análisis. Se considera que este estudio es **transeccional** debido a que se analiza la relación de las variables en un punto del tiempo determinado (tiempo de realización de la investigación), es decir, un diseño transeccional correlacional causal ya que se describe la relación de cuatro variables en un momento determinado.

En conclusión, se determina que la investigación es de tipo descriptiva, **correlacional, explicativa** y el diseño de investigación será **no experimental, transeccional o transversal correlacional /causal** por los puntos anteriormente descritos. Utilizando como herramientas principales la **observación cuantitativa y cualitativa.**

3.5.3 Descripción de las variables de respuesta que se evaluarán

En esta sección se describirán las variables de respuesta que se evaluaron para indicar un mejoramiento en la productividad. Estas variables están ligadas a los sujetos experimentales tratados en la sección 3.3.

Efectividad en el cumplimiento de cantidad: Que evaluó el grado de cumplimiento en cuanto a la cantidad del producto realizado su forma general es:

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Planeada}} \quad \text{Ecuación 3. 2}$$

Efectividad en compromisos de calidad: Este tiene dos variables a medir, la primera es la cantidad de reclamos por el cliente (lo cual no es deseable y el métrico es cero), y la segunda el porcentaje de rechazos internos (scrap) por proceso. Su expresión más general es:

$$\text{Porcentaje de Rechazos} = \frac{\text{Productos fuera de especificación}}{\text{Productos producidos}} \quad \text{Ecuación 3. 3}$$

3.6 Mediciones y análisis

En esta sección se describen las mediciones, análisis precisos y concretos para evaluar una mejora en las variables definidas en la sección 3.6.1.

Para el análisis de la información obtenida **una mejora estadísticamente significativa se considera mayor o igual al diez por ciento sobre la condición actual.** En esta etapa el análisis de la información es sobre los resultados y no de los análisis.

3.6.1 Descripción de los cálculos matemáticos

Las mediciones de productividad que se tomaron en cuenta son:

Productividad: Es relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para medir las mejoras en la productividad se toma en cuenta el índice de productividad.

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Indicador periodo actual} - \text{indicador periodo anterior}}{\text{indicador periodo anterior}} * 100 \quad \text{Ecuación 3. 4}$$

LMPU (Labor minute per unit): Es un índice general es un indicador a nivel gerencial y se emplea para medir la productividad de un tiempo ya transcurrido. Entre más bajo sea el índice de LMPU es mejor y representa una mejora en el índice de productividad.

$$\text{LMPU} = \frac{(\text{Cantidad de operadores}) * (\text{tiempo disponible horas}) * (60 \text{ minutos})}{\text{Produccion obtenida}} \quad \text{Ecuación 3. 5}$$

MPB (Minutos por bolsa): Es un índice más enfocado a la administración de la producción a nivel supervisión y nos permite evaluar los siguientes sujetos experimentales; efectividad en el cumplimiento de cantidad, eficiencia en el uso de los recursos.

$$\text{MPB} = \frac{(\text{Cantidad de operadores}) * (60 \text{ minutos})}{\text{Rate (piezas/60minutos)}} \quad \text{Ecuación 3. 6}$$

El resultado de este índice va estar dado en **minutos hombre/ piezas**. Analizando este índice, es un caso de menor es mejor, ya que si incrementamos el rate con la misma cantidad de operadores en el mismo tiempo, este índice disminuye.

3.7 Diseño experimental y modelo estadístico empleado

En este estudio se seleccionara una muestra no probabilística, es decir, el análisis depende de las características y criterios en los que se quieren indagar. El tipo de muestreo que se utilizo fue Muestreo Intencional siendo este un procedimiento que nos permitió seleccionar casos característicos de la población limitando la muestra a estos casos. Se utilizó este muestreo por que la población es muy variable, ya que se trata de condiciones específicas de cada una de las celdas de manufactura que integran el área de bolsas laterales.

3.8 Población muestral

Se tienen 25 celdas de manufactura en el área de “bolsa laterales”, lo anterior se refiere a la población objetivo. Sin embargo, los elementos seleccionados para el presente estudio, son el total de celdas que presentan problemática en cuestiones de entrega y calidad, siendo esta la población del estudio. Por lo tanto la **población de estudio** son las celdas que presentan problemas de productividad las cuales son 8 celdas de manufactura donde laboran un total de 172 operadores.

En la siguiente tabla se muestra la selección de la celdas de manufacturas para realizar la investigación, describiendo la problemática de cada celda, siendo estas las razones por las que fueron seleccionadas (esta actividad involucro la participación de supervisores de producción, ingeniero de calidad e ingeniero de proceso).

Cuadro 3. 3 Descripción de criterios que se tomaron para la selección de las celdas de manufactura.

n	Celda de manufactura seleccionada	PROBLEMÁTICA				
		No cubre los requerimientos de MPS (baja efectividad en la entrega)	Alto índice de ausentismo	Porcentajes altos de rechazo de calidad (scrap)	Problemas de calidad con el cliente	Conflictos al interior de la celda. Bajo grado de satisfacción y motivación del recurso humano
1	C20	X	X	X		X
2	D0	X	X	X	X	X
3	B1	X	X	X	X	X
4	B3	X	X	X	X	X
5	C3	X	X		X	
6	C7	X		X	X	X
7	C18	X		X	X	X
8	B7	X	X		X	

3.9 Descripción de los tratamientos

Las celdas de manufactura que serán objetos de investigación son aquellas que presentan problemas que se evidencian por una baja productividad. Para cada una de las celdas se destinó un periodo para el desarrollo de la investigación, en el cual, se implementaron herramientas de Lean Manufacturing y balanceo de líneas, analizando las ideas y necesidades del personal operativo.

No se tiene una secuenciación para ir implementando las herramientas de Lean Manufacturing, uno de los objetivos específicos es observar la demanda de las herramientas lean Manufacturing por parte de los operadores, esto con la intención de desarrollar un sistema de involucramiento de los operadores.

3.10 Definición del sistema de recolección

En la sección 3.6.2 “Tipo y forma de experimentación”, se menciona las principales herramientas a utilizar es la observación cuantitativa y cualitativa. En esta sección se dará una narrativa de los pasos que se siguieron para el diseño de los instrumentos de recolección, basados en estas herramientas.

Observación cuantitativa: consistió en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas de los objetos de estudio, comunicaciones verbales y no verbales (gestuales).

Cuestionarios para datos cuantitativos: conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. Se consideraron tipos de preguntas: cerradas y abiertas

Pasos que se siguieron para construir el sistema de observación (Gómez, 2006):

- a. Definir con precisión los aspectos, eventos o conductas a observar.

- b. Extraer una muestra representativa de aspectos, eventos o conductas para observar.
- c. Establecer y definir las unidades de observación. Por ejemplo cada vez que se presente una conducta o cada determinado tiempo analizar una situación.
- d. Establecer y definir las categorías y subcategorías de la observación: como tensión de los operadores, grado de interés de los operadores, resentimiento hacia el sistema de bonos.
- e. Elegir el medio de observación: la conducta y las manifestaciones se codificaran por distintos medios, observarse directamente y codificarse, videocinta y analizarse, en algunos casos el observador se oculta y observa. Otras veces participa con los sujetos y codifica.
- f. Elaborar las hojas de codificación. El formato puede ser a modo de tabla, donde por filas se colocan cada una de las variables a observar, en la primera y segunda columnas se deja un espacio para hacer una marca cada vez que se presenta una conducta tabulada, y en la última fila se coloca el total, es decir la frecuencia con la que se presentó ese comportamiento. Debe contener también los datos del observador, fecha, hora, y toda otra información que pueda ser de interés para el investigador.
- g. Proporcionar entrenamiento a codificadores, en las variables, categorías, unidades de análisis y el procedimiento para codificar, así como sobre las diferentes maneras que puede manifestarse una categoría o subcategorías de conducta.

En la observación cualitativa la recolección de datos resulta fundamental, solamente que su propósito no es medir las variables haciendo un conteo, para llevar a cabo inferencias y análisis estadísticos. Lo que buscas es información de sujetos, comunidades, contextos, variables o situaciones, en profundidad, en las propias “palabras”, “definiciones” o “términos” de los sujetos en su contexto. El investigador cualitativo utiliza una postura flexible y reflexiva tratando de obtener los datos de los objetos de estudio, tal como ellos lo revelan.

Los datos cualitativos consisten, comúnmente, en descripciones profundas, por parte de los sujetos en estudio, o elaboradas según lo observado por el investigador, detalladas y completas (todo lo que sea posible) de eventos, situaciones, imágenes mentales, actitudes, creencias, emociones y conductas, ya sea de manera individual, grupal o colectiva. Se recolectan con la finalidad de analizarlos para comprenderlos y así responder a preguntas de investigación o generar conocimientos.

La recolección de datos cualitativos ocurre en el ambiente natural y cotidiano de los sujetos investigados y como ya se ha mencionado, implica dos fases o etapas: la inmersión inicial en el campo, y la recolección de los datos definitivos para el análisis.

Inmersión inicial en el campo: el investigador debe familiarizarse con el ambiente. Esto implicará una tarea sistemática que se puede sintetizar del siguiente modo:

- a. Leer y obtener la mayor información posible del ambiente, condiciones de la celda, índices de productividad, nivel de ausentismo, cantidad de personas que integran la celda, requerimientos de MPS, hechos trascendentes y registrarlos por escrito o en grabaciones.
- b. Acudir a la celda de producción y observar su funcionamiento, tomando notas de las observaciones relevantes para el problema de investigación.
- c. Hablar con algunos miembros o integrantes de la celda para conocer más detalladamente su cotidianeidad, e ir logrando su consentimiento hacia nuestra participación. Registrar esta información.
- d. Participación en alguna actividad para acercarnos a las personas e ir disminuyendo las posibilidades de un rechazo hacia nuestra presencia en la celda de producción.

Después de la inmersión inicial en el campo, es posible volver al planteamiento del problema de la investigación, para fijar o refinar las preguntas de la investigación y establecer hipótesis (no siempre). También podemos evaluar cual es el mejor método para recolectar datos.

La recolección de datos definitivos. Lo primero es elegir una técnica o un instrumento para ello y determinar la unidad de observación o unidad de análisis. Hay que añadir las unidades de análisis van de lo micro a lo macroscópico, del nivel individual psicológico al social, por ejemplo, si estudiamos una comunidad educativa, podemos empezar por los alumnos, los docentes, los directivos (nivel individual), o un curso, una promoción, un ciclo, las familias, etc. (nivel social).

El observador bajo un enfoque cuantitativo, puede buscar diferentes situaciones, sus observaciones pueden registrar:

Prácticas. E una unidad de análisis conductual muy utilizada y se refiere a una actividad continua, definida por los miembros de un sistema social como rutinaria. Por ejemplo, el hecho de que los integrantes de un equipo médico en un clínica X tengan una reunión mensual para hacer interconsultas, es una práctica rutinaria.

Episodios. En contraste con las prácticas, los episodios son dramáticos y sobresalientes, pues no se trata de conductas rutinarias, si no de situaciones que ocurren de manera fortuita, pero cuya aparición puede proporcionarnos información útil. Por ejemplo, si se está investigando el comportamiento de obreros en una fábrica, y durante el transcurso se produce un paro de actividades, ello constituye un episodio digno de ser observado y registrado.

Encuentros. Es una unidad dinámica y pequeña que se da entre dos o más personas de manera presencial. Debemos registrar si son casuales o intencionales, las interacciones que se producen entre los participantes y cuáles

son los resultados o las consecuencias de esos encuentros. (Por ejemplo con el supervisor, director, etc.)

Roles o papeles. Son categorías conscientemente articuladas que definen en lo social a las personas. El rol sirve para que la gente organice y dé sentido a significado a sus prácticas. Una persona cumple distintos roles según el ambiente donde se encuentre.

Relaciones. Constituyen diadas que interactúan por un periodo prolongado o que se consideran conectadas por algún motivo y forman una relación social. Adquiere muchas tonalidades: íntimas (relación de pareja), parentales (padre-hijo), de trabajo (rector-vice rector). Su origen, intensidad y procesos es estudian también de manera cualitativa.

Grupos. Representan conjuntos de personas que interactúan por un periodo de tiempo extendido, que están ligados entre sí por una meta y que se consideran a si mismos como una entidad.

Estilos de vida. Son ajustes o conductas adaptativas que hace un gran número de personas en una situación similar. Por ejemplo, estilos de vida compartida por la clase media, o el estilo de vida de los grupos dark.

Entrevistas cualitativas se dividen en estructuradas o semiestructuradas y abiertas. En las primeras, el entrevistador realiza su labor basándose en una guía de preguntas específicas y se sujeta exclusivamente a ésta. Las entrevistas semiestructuradas se basan en un guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre temas específicos que vayan apareciendo durante la entrevista. Las entrevistas abiertas se fundamentan en una guía general con temas no específicos y el entrevistador tiene toda la flexibilidad para manejarlas e ir orientándolas hacia sus intereses.

3.11 Instrumentos de recolección

En esta sección se muestran los instrumentos de recolección utilizados para el desarrollo de la metodología y análisis de datos.

3.11.1. Cuestionarios para datos cuantitativos

Se diseñó un cuestionario con 30 reactivos sobre la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación Cuadro 3.5 "Cuestionario sobre la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación". El procedimiento para el llenado del cuestionario fue el siguiente:

1. Se realizaron las preguntas antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing, destinadas a incrementar la productividad, para evaluar si hay mejora en la percepción de los trabajadores.
2. Como parte de la inmersión inicial se le pregunto a cada operador, se tomaron las anotaciones y después se codificaron las respuestas, esto con la intención de que el operador no se sintiera comprometido sobre su respuesta.
3. El investigador realizó las preguntas en el entorno natural como parte de una comunicación con cada uno de los operadores. La codificación que se le dio a cada una de las respuestas, se muestra en el Cuadro 3. 4 "Codificación para cuestionario sobre percepción de los trabajadores". En algunas preguntas el observador puso la respuesta directa tal como se la dio el operador y en otras tuvo que indagar más en el entorno, para confirmar la veracidad de las respuestas, el tratamiento de las respuestas se muestra en el Cuadro 3.6. "Tratamiento a las respuestas del cuestionario".

Nota: En el desarrollo de esta tesis no se consideró el registrar como variable característica el sexo, ya que no se pretendía, hacer una comparación entre la percepción de hombre y mujeres (ya que en el proceso de costura de bolsas de aire, los roles del hombre y la mujer son los mismos), sin embargo, se consideró conveniente que para futuras investigaciones tomar en cuenta esta característica, para establecer relaciones que tengan que ver con estilos de vida o comportamientos culturales (sobre todo si se realizan investigaciones donde los roles entre el hombre y la mujer difieran).

Cuadro 3. 4 Codificación para cuestionario sobre percepción de los trabajadores

Codificación	1	2	3
Posible respuesta	En desacuerdo	Neutral (Duda)	De acuerdo
	Nunca	Algunas Veces	Siempre
	Nada	Poco	Mucho

Cuadro 3. 5 Cuestionario de la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación.

Variable		Cuestionario	
Involucramiento de empleados	Proyectos de mejora (Lean Manufacturing)	1	¿Tengo ideas para mejorar la producción y cuando las expreso son escuchadas?
		2	¿Participo activamente para mejorar la producción de mi celda?
		3	Los supervisores e ingenieros participan en proyectos de mejora en mi celda
		4	¿Me considero parte importante para alcanzar los objetivos de mi celda?
		5	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé de qué se tratan?
		6	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé qué papel juego yo?
		7	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda participo?
		8	¿Se cuáles son los objetivos de mi celda, cantidad de piezas requeridas, niveles de scrap?
		9	En la celda tenemos las herramientas adecuadas para obtener los resultados
	Clima laboral	10	¿Me siento motivado en mi trabajo?
		11	¿Estoy satisfecho con el papel que desempeño en mi celda?
		12	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda?
		13	¿Me entiendo con mi equipo de trabajo, para obtener los objetivos de la celda (producción, niveles de scrap, niveles de ausentismo, generación de ideas)?
		14	Me siento tenso al realizar mi trabajo
Productividad	Cumplimiento cantidad	15	¿Se cubren los requerimientos de producción en mi celda?
		16	Estoy en tiempo extra, me siento cansado
		17	¿Las personas de mi celda faltan al trabajo (índice de ausentismo)?
		18	¿Mis compañeros se esfuerzan para cumplir con los objetivos de la celda?
	Cumplimiento calidad	19	¿En la celda tenemos índices de scrap, en un nivel óptimo?
		20	¿En la celda trabajamos para obtener la mayor cantidad de piezas, sin tomar en cuenta, cuanto scrap generamos?
	Balanceo de líneas	21	¿Nos organizamos al interior de la celda para cubrir la producción?
		22	La manera en que nos movemos dentro de la celda es la mejor
		23	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda, por las cargas de trabajo?
		24	Sé que operaciones me corresponden dentro de la celda
		25	Tengo el tiempo suficiente para realizar las operaciones que se me asignaron
		26	Me tengo que mover a varias operaciones para ayudar a mis compañeros
		27	Pienso que cuando se realiza un balanceo, quieren quitar gente de la celda
		28	Pienso que cuando se realiza un balanceo, se exige una producción no alcanzable
		29	¿Siento que trabajo más que mis compañeros de la celda?
		30	Tengo un buen diseño de trabajo con tiempos y movimientos definidos

Cuadro 3. 6 Tratamiento a las respuestas del cuestionario.

Cuestionario		Tratamiento de la respuesta
1	¿Tengo ideas para mejorar la producción y cuando las expreso son escuchadas?	Directa
2	¿Participo activamente para mejorar la producción de mi celda?	Directa y evaluación del observador
3	Los supervisores e ingenieros participan en proyectos de mejora en mi celda	Directa
4	¿Me considero parte importante para alcanzar los objetivos de mi celda?	Directa
5	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé de qué se tratan?	Directa
6	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé qué papel juego yo?	Directa
7	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda participo?	Directa y evaluación del observador
8	¿Se cuáles son los objetivos de mi celda, cantidad de piezas requeridas, niveles de scrap?	Directa y evaluación del observador
9	En la celda tenemos las herramientas adecuadas para obtener los resultados	Directa
10	¿Me siento motivado en mi trabajo?	Directa
11	¿Estoy satisfecho con el papel que desempeño en mi celda?	Directa
12	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda?	Directa
13	¿Me entiendo con mi equipo de trabajo, para obtener los objetivos de la celda (producción, niveles de scrap, niveles de ausentismo, generación de ideas)?	Directa y evaluación del observador
14	Me siento tenso al realizar mi trabajo	Directa y evaluación del observador
15	¿Se cubren los requerimientos de producción en mi celda?	Directa y evaluación del observador
16	Estoy en tiempo extra, me siento cansado	Directa y evaluación del observador
17	¿Las personas de mi celda faltan al trabajo (índice de ausentismo)?	Directa y evaluación del observador
18	¿Mis compañeros se esfuerzan para cumplir con los objetivos de la celda?	Directa
19	¿En la celda tenemos índices de scrap, en un nivel óptimo?	Directa y evaluación del observador
20	¿En la celda trabajamos para obtener la mayor cantidad de piezas, sin tomar en cuenta, cuanto scrap generamos?	Directa
21	¿Nos organizamos al interior de la celda para cubrir la producción?	Directa
22	La manera en que nos movemos dentro de la celda es la mejor	Directa y evaluación del observador
23	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda, por las cargas de trabajo?	Directa
24	Sé que operaciones me corresponden dentro de la celda	Directa y evaluación del observador
25	Tengo el tiempo suficiente para realizar las operaciones que se me asignaron	Directa y evaluación del observador
26	Me tengo que mover a varias operaciones para ayudar a mis compañeros	Directa y evaluación del observador
27	Pienso que cuando se realiza un balanceo, quieren quitar gente de la celda	Directa
28	Pienso que cuando se realiza un balanceo, se exige una producción no alcanzable	Directa
29	¿Siento que trabajo más que mis compañeros de la celda?	Directa
30	Tengo un buen diseño de trabajo con tiempos y movimientos definidos	Directa

3.12 Procedimientos

En esta sección se describen los procedimientos que fueron utilizados en diferentes etapas de la investigación.

3.12.1 Metodología para la identificación del desperdicio

El desperdicio tiene múltiples formas, con la observación se pueden detectar las siguientes: energía, superficie, maquinaria, materiales, mano de obra, tiempo, etc. Esta sección se enfoca al desperdicio que se produce en la mano de obra. El tiempo total de fabricación de un producto está compuesto por tres grandes componentes:

1. **Tiempo estándar:** el tiempo que debe tomar en realizar la operación.
2. **Tiempo de bajo desempeño:** Es el tiempo que se gasta debido a un desempeño por debajo de lo normal y que incrementa el tiempo total de la operación.
3. **Tiempos por fallos de gestión:** los errores de gestión también generan un aumento del tiempo total del proceso.

Por lo que el tiempo de ejecución es la suma de estos tres tiempos (Cruelles, 2010).

$$\textit{Tiempo de Ejecucion} = \textit{Tiempo de Control} + \textit{Tiempo de No Control} \qquad \textbf{Ecuación 3. 7}$$

El objetivo de este procedimiento es observar el desperdicio con la teoría de la medición del desperdicio, la figura siguiente muestra la explicación gráfica.

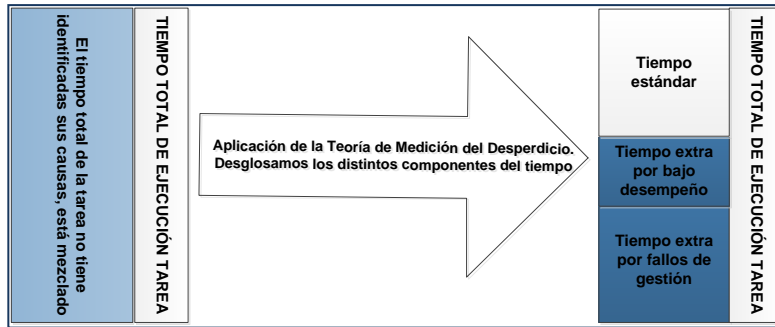


Figura 3. 4 Teoría de Medición del desperdicio.

Un producto o servicio necesita varias tareas para su realización. Cada una de estas tareas tendrá asociado un tiempo estándar, que será resultado de un estudio de métodos y tiempos.

La cantidad mínima de tiempo necesaria es igual a la sumatoria de los tiempos estándar de cada una de las tareas que son necesarias para la fabricación del producto. Para aclarar los conceptos partimos de los siguientes supuestos y fijación de variables:

- Los tiempos estándar, si bien son mejorables, se suponen, por el momento como los mínimos realizables.
- Ninguna de las tareas que se definen en el proceso sobra, al menos de momento.

Para facilitar la identificación de desperdicio se consideró la siguiente clasificación de tiempos:

- **Tiempo de Control (TC)**: Es el tiempo, medido en horas-hombre, en las que los operarios han podido producir con total normalidad y, por tanto, se les exige una producción proporcional a dicho tiempo.
- **Tiempo de No Control (TNC)**: Es el tiempo, medido en horas-hombre, en las que, por fallos de gestión (falta de trabajo, de materiales, etc), los operarios no han podido producir con normalidad y, por tanto, no es exigible una producción durante ese tiempo.

- **Tiempo de Presencia (TP):** Es el tiempo, medido en horas-hombre, durante el que los operarios han permanecido en la fábrica.

$$\text{Tiempo de Presencia} = \text{Tiempo de Control} + \text{Tiempo de No Control} \quad \text{Ecuación 3. 8}$$

La siguiente figura muestra gráficamente el tiempo de presencia de los trabajadores en una fábrica.

Tiempo estándar	Tiempo de Control	TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN TAREA
Tiempo extra por bajo desempeño		
Tiempo extra por fallos de gestión	Tiempo de No Control	

Figura 3. 5 Grafica de tiempo de presencia.

La mano de obra directa sólo puede causar desperdicio dentro del tiempo de control, es decir, dentro del tiempo durante el que se les ha sido posible ser productivos, es decir, durante el tiempo de presencia y sin incidencias.

Debido a la característica del proceso que implica la manufactura de una bolsa de aire, se tomaran en cuenta los siguientes fallos como de gestión que pueden provocar el tiempo de No Control:

- **Falta de materiales (Cfm):** una mala planificación de las compras y los aprovisionamientos internos que provoquen paros.
- **Desequilibrio entre la carga de trabajo y la capacidad disponible (Cdq):** en todo proceso productivo hay una tarea que es la limitante y que condiciona la cantidad de producción que se pueden hacer en el

resto de las tareas independientemente de la capacidad de estas. Cuanta más diferencia de capacidad haya entre las distintas fases mayores serán los desequilibrios. En este caso no se producen paradas explícitas sino que lo que ocurre es una bajada del ritmo para “estirar el trabajo disponible”. El desequilibrio también puede ser por una falta de carga de trabajo suficiente como para poder igualarla a la capacidad existente. En este caso el defecto de gestión proviene desde el departamento comercial.

- **Paradas por averías (Cmt).**
- **Defectos de información (Cdi):** que pueden provocar paradas o trabajos innecesarios.
- **Reprocesos (Crp):** es el tiempo que se dedica a hacer un trabajo de manera repetida por algún fallo de calidad.

En cuanto a problemas de gestión, es importante tener una idea cuantificada de cuáles son las causas más importantes, invirtiendo esfuerzos en la eliminación total. Al final la suma se conserva (Cruelles, 2010).

3.12.2 Mapeo de Proceso para identificar cuellos de botella

En muchas ocasiones, se puede percibir que los trabajadores están saturados de trabajo, sin embargo, bajo la ayuda de un estudio de tiempos y movimientos se pueden observar actividades que forman desperdicios. Los cuellos de botellas, es decir, las operaciones que restringen la salida en el proceso de costura de bolsas de aire pueden ser generados por las siguientes condiciones:

- Capacidad limitada de la maquinaria
- Carga excesiva de trabajo de una sola operación (distribución incorrecta)
- Poca habilidad de un operador

A continuación se muestra el Mapa de proceso a seguir para la identificación de cuellos de botella.

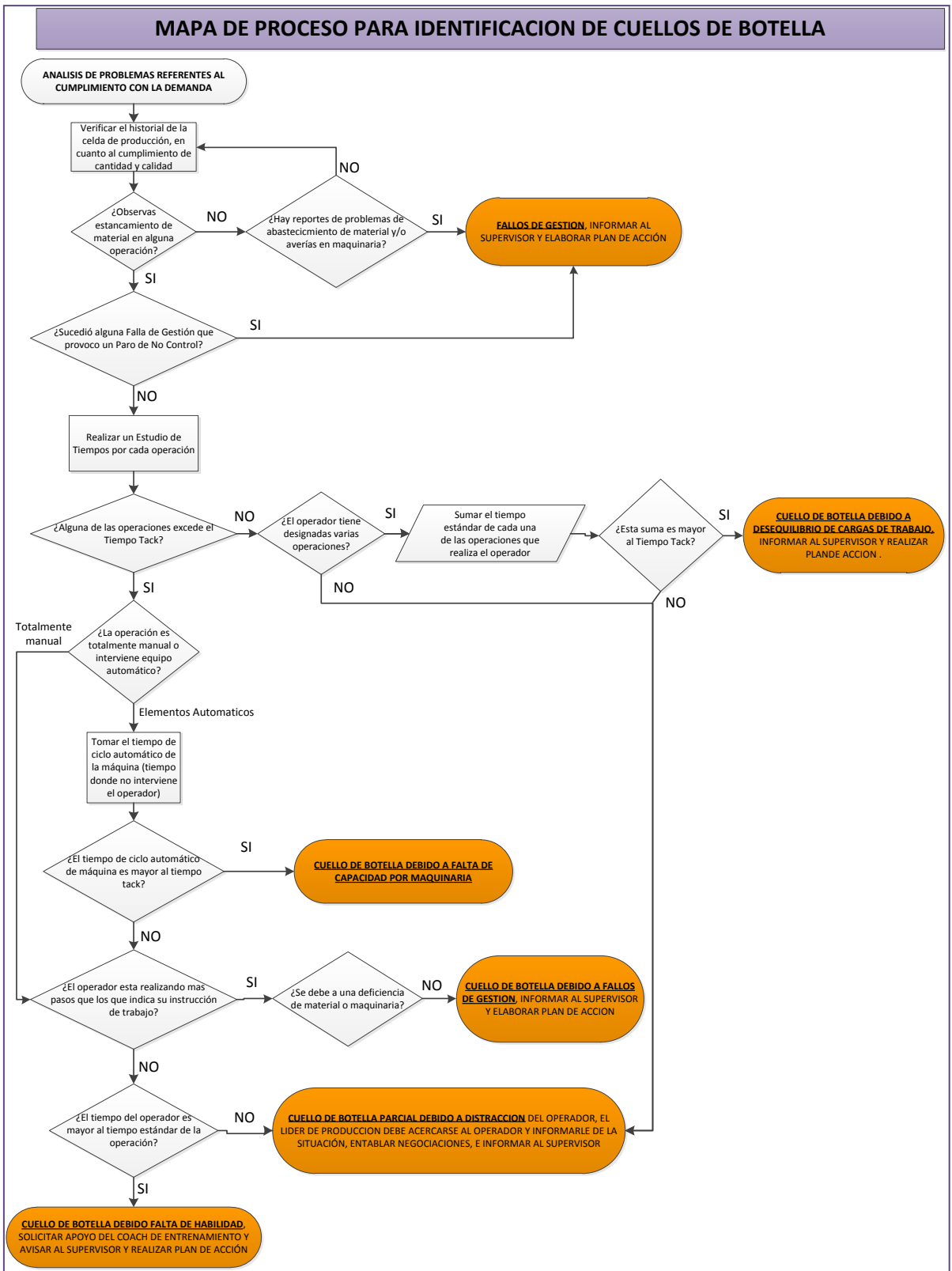


Figura 3. 6 Mapa de proceso para identificación de cuellos de botella (Grafica de propia creación).

3.12.3 Procedimiento de balanceo de líneas.

El balanceo de líneas es una de las herramientas más utilizadas para el incremento de la productividad en celdas de manufactura, a continuación se describe el proceso utilizado para realizar el balanceo de líneas en el desarrollo de la presente tesis.

3.12.1.1 Descripción del proceso

El proceso de manufactura de bolsas de aire para automóviles se realiza en máquinas de coser, consiste en ir ensamblando componentes a través de diferentes tipos de costura.

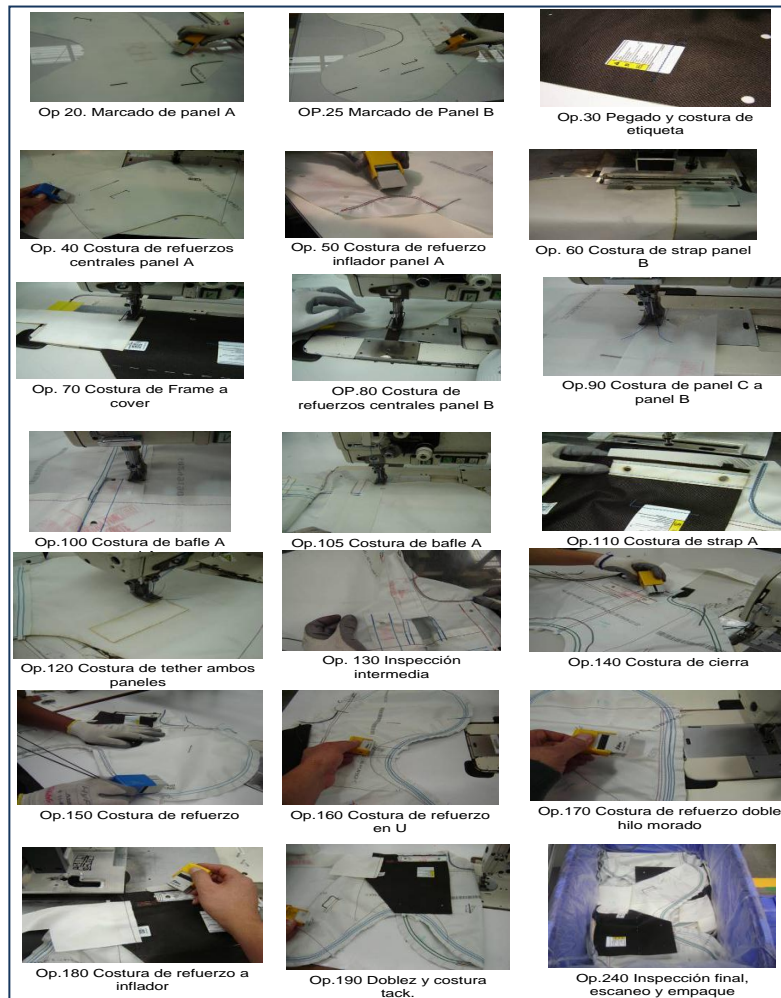


Figura 3. 7 Descripción del proceso de manufactura de bolsa de aire

3.12.1.2 Datos de entrada

Cuadro 3. 7 Datos de entrada para el balanceo de líneas.

EFICIENCIA DE CELDA (MPS)	
Demanda diaria	1250
Horas disponibles	16.6
Piezas por hora ideales	75.3

- **Demanda Diaria:** Cantidad de piezas requeridas por el cliente en un día.
- **Horas Disponibles:** Total de horas al día que destinaras a producción.
- **Piezas por hora ideales:** Resulta de la división de la demanda diaria/ Horas disponibles.

3.12.1.3 Pasos para realizar el balanceo de líneas.

Paso 1: Se toman 15 mediciones de tiempo por cada ciclo de operación.

Cuadro 3. 8 Toma de tiempos.

Op.	OPERACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	MARCADO DE PANEL A	8.49	6.78	7.98	8.61	8.25	8.39	8.02	7.92	8.40	8.00	9.43	9.50	10.60	8.07	9.01
25	MARCADO DE PANEL B	10.90	11.02	10.85	10.83	11.35	11.72	11.49	11.13	11.69	11.49	8.72	8.72	10.00	10.02	6.18
30	PEGADO Y COSTURA DE ETIQUETA	10.08	9.98	10.49	10.34	10.15	10.00	10.76	10.50	10.57	10.45	20.74	17.89	16.99	18.58	
40	COSTURA DE REFUERZOS CENTRALES PANEL A	13.26	9.71	13.51	13.82	12.64	12.39	12.32	12.82	12.54	12.84	16.37	15.78	15.59	15.92	
50	COSTURA DE REFUERZO INFLADOR PANEL A	11.74	10.78	9.53	8.28	10.49	9.93	10.00	9.07	8.97	9.30	13.53	11.78	10.59	13.78	11.50
60	COSTURA DE STRAP PANEL B	16.72	16.06	16.68	15.24	15.46	15.65	15.59	15.40	15.28	16.13	17.65	19.20	18.37	19.84	18.65
70	COSTURA DE FRAME A COVER	5.46	5.35	6.70	7.03	7.71	8.79	6.71	5.49	8.02	6.59	10.65	11.78	10.59	13.78	11.50
80	COSTURA DE REFUERZOS CENTRAL PANEL B	10.41	12.29	12.76	11.27	12.46	12.63	12.24	11.92	10.99	12.45	14.84	14.38	13.25	14.47	13.57
90	COSTURA DE PANEL C A PANEL B	8.92	8.99	7.82	8.86	8.72	7.59	8.03	7.13	8.22	7.15	7.56	8.43	8.34	7.40	8.84
95	COSTURA DE PANEL C A PANEL A	15.38	14.69	13.30	12.79	12.18	12.30	13.33	11.62	12.81	12.79	14.09	15.00	13.90	15.60	14.08
100	COSTURA DE BAFFLE A PANEL A	9.79	9.55	8.23	9.30	9.15	8.88	9.05	8.90	9.50	9.58	11.25	10.84	11.63	10.78	11.08
105	COSTURA DE BAFFLE A PANEL B	9.53	9.15	10.12	9.49	10.10	9.42	9.35	9.54	10.01	9.82	15.16	14.69	15.94	15.10	12.04
110	COSTURA DE STRAP A PANEL A	12.22	14.50	15.02	13.36	12.59	13.15	13.23	12.41	14.01	12.59	17.28	20.32	18.15	16.33	20.75
120	COSTURA DE TETHER AMBOS PANELES	18.54	21.70	19.37	17.89	19.88	17.46	19.07	18.33	18.15	17.99	10.06	10.47	10.47	10.12	10.12
130	INSPECCION INTERMEDIA	7.20	7.43	7.15	8.18	8.66	7.41	7.29	6.37	8.16	8.22	6.49	6.59	6.59	6.32	6.40
140	COSTURA DE CIERRE	38.88	37.78	32.90	34.59	29.56	31.69	30.72	32.18	31.90	31.76	22.47	22.94	23.40	20.75	21.94
150	COSTURA DE REFUERZO	21.19	22.31	21.50	20.97	22.14	23.16	21.72	22.40	21.56	20.38	16.47	19.62	16.08	18.59	18.59
160	COSTURA DE REFUERZO EN "U"	6.03	7.06	6.31	7.66	5.44	7.22	7.78	7.31	7.53	7.35	7.84	7.65	8.04	8.03	6.10
170	COSTURA DE REFUERZO DOBLE HILO MORADO	6.16	8.87	7.35	7.31	7.66	6.91	5.31	6.40	6.70	7.14	6.34	6.65	7.19	7.13	6.41
180	COSTURA DE REFUERZO A INFLADOR	7.22	8.65	8.65	8.03	8.68	8.53	7.59	6.65	7.10	6.49	11.97	10.18	12.19	13.29	13.30
190	DOBLEZ Y COSTURA TACK	14.35	11.38	13.09	15.66	15.06	13.94	13.81	12.68	13.05	13.20	12.50	15.60	12.43	11.40	13.24
240	INSPECCION FINAL, ESCANEADO Y EMPAQUE	3.53	4.11	4.27	4.88	4.60	4.57	4.70	5.15	4.98	4.79	5.89	4.95	4.61	5.81	

Cuadro 3. 9 Cálculo de tiempo estándar.

Op.	OPERACIÓN	PROMEDIO	EFICIENCIA	TIEMPO CON EFICIENCIA	TOLERANCIA	TIEMPO ESTANDAR	ESTACIONES	TIEMPO ESTANDAR
20	MARCADO DE PANEL A	8.50	1.0	8.50	1.12	9.52	1	9.52
25	MARCADO DE PANEL B	10.41	1.0	10.41	1.12	11.66	1	11.66
30	PEGADO Y COSTURA DE ETIQUETA	12.68	1.0	12.68	1.12	14.20	1	14.20
40	COSTURA DE REFUERZOS CENTRALES PANEL A	13.54	1.0	13.54	1.12	15.16	1	15.16
50	COSTURA DE REFUERZO INFLADOR PANEL A	10.62	1.0	10.62	1.12	11.89	1	11.89
60	COSTURA DE STRAP PANEL B	16.79	1.0	16.79	1.12	18.81	1	18.81
70	COSTURA DE FRAME A COVER	8.41	1.0	8.41	1.12	9.42	1	9.42
80	COSTURA DE REFUERZOS CENTRAL PANEL B	12.66	1.0	12.66	1.12	14.18	1	14.18
90	COSTURA DE PANEL C A PANEL B	8.13	1.0	8.13	1.12	9.11	1	9.11
95	COSTURA DE PANEL C A PANEL A	13.59	1.0	13.59	1.12	15.22	1	15.22
100	COSTURA DE BAFFLE A PANEL A	9.83	1.0	9.83	1.12	11.01	1	11.01
105	COSTURA DE BAFFLE A PANEL B	11.06	1.0	11.06	1.12	12.38	1	12.38
110	COSTURA DE STRAP A PANEL A	15.06	1.0	15.06	1.12	16.87	1	16.87
120	COSTURA DE TETHER AMBOS PANELES	15.97	1.0	15.97	1.12	17.89	1	17.89
130	INSPECCION INTERMEDIA	7.23	1.0	7.23	1.12	8.10	1	8.10
140	COSTURA DE CIERRE	23.88	1.0	23.88	1.12	26.74	1	26.74
150	COSTURA DE REFUERZO	20.45	1.0	20.45	1.12	22.90	1	22.90
160	COSTURA DE REFUERZO EN "U"	7.16	1.0	7.16	1.12	8.02	1	8.02
170	COSTURA DE REFUERZO DOBLE HILO MORADO	6.90	1.0	6.90	1.12	7.73	1	7.73
180	COSTURA DE REFUERZO A INFLADOR	9.23	1.0	9.23	1.12	10.34	1	10.34
190	DOBLEZ Y COSTURA TACK	13.43	1.0	13.43	1.12	15.04	1	15.04
240	INSPECCION FINAL, ESCANE0 Y EMPAQUE	4.77	1.0	4.77	1.12	5.35	1	5.35
Total de Tiempo de operación						291.54		291.54
Operación restricción								26.74

Paso 2: Se promedian los tiempos y se obtiene el tiempo estándar.

- **Promedio:** Es el promedio de los tiempos que tomaste.
- **Eficiencia:** El valor es 1.0 ya que se considera del 100%.
- **Tiempo con Eficiencia:** Resulta de la multiplicación de Promedio y Eficiencia.
- **Tolerancia:** Es considerado de 1.12 por las siguientes consideraciones.

Cuadro 3. 10 Tolerancias para el cálculo del tiempo estándar

Tolerancias Personales
3% Trabajo Pie
2% Esfuerzo Físico
1% Monotonía de Operador (moderada)
2% Baños
3% Medio Ambiente.
1% Ruido
Total 12%

- **Tiempo Estándar:** Es la suma de Tiempo con Eficiencia más la Tolerancia.
- **Estaciones:** Número de estaciones (maquinas), que realizan la misma operación.
- **Tiempo Estándar (el final):** Es el Tiempo Estándar dividido entre número de estaciones.

Paso 3: Obtener el Tack Time

- **Tack time:** Es igual a la Demanda Diaria entre las Horas Disponibles.

Cuadro 3. 11 Cálculo de Tack Time

EFICIENCIA DE CELDA (MPS)	
Demanda DIARIA	1250
Horas disponibles	16.6
Piezas por hora ideales	75.3
Tack time	47.81

Paso 4: Identificación de actividades predecesoras

Las actividades precedentes son aquellas que anteceden a otra operación, es decir, es la serie de actividades que tienen que seguirse en orden hasta llegar a la actividad deseada, ya que son requeridas para que esta se pueda realizar.

Cuadro 3. 12 Ejemplo de tabla para la identificación de actividades predecesoras.

	Op.	OPERACIÓN	ACTIVIDADES PRECEDENTES	TIEMPO ESTÁNDAR
A	20	MARCADO DE PANEL A	-	9.52
B	25	MARCADO DE PANEL B	-	11.66
C	30	PEGADO Y COSTURA DE ETIQUETA	-	14.20
D	40	COSTURA DE REFUERZOS CENTRALES PANEL A	20 (A)	15.16
E	50	COSTURA DE REFUERZO INFLADOR PANEL A	40(D)	11.89
F	60	COSTURA DE STRAP PANEL B	25 (B)	18.81
G	70	COSTURA DE FRAME A COVER	30(C), 60(F)	9.42
H	80	COSTURA DE REFUERZOS CENTRAL PANEL B	50(E),70(G)	14.18
I	90	COSTURA DE PANEL C A PANEL B	80(H)	9.11
J	95	COSTURA DE PANEL C A PANEL A	90(I)	15.22
K	100	COSTURA DE BAFFLE A PANEL A	95(J)	11.01

L	105	COSTURA DE BAFFLE A PANEL B	100(K)	12.38
M	110	COSTURA DE STRAP A PANEL A	105(L)	16.87
N	120	COSTURA DE TETHER AMBOS PANELES	110(M), 70(G)	17.89
O	130	INSPECCION INTERMEDIA	120(N)	8.10
P	140	COSTURA DE CIERRE	130(O)	33.11
Q	150	COSTURA DE REFUERZO	140(P)	22.90
R	160	COSTURA DE REFUERZO EN "U"	150(Q)	8.02
S	170	COSTURA DE REFUERZO DOBLE HILO MORADO	160(R)	7.73
U	180	COSTURA DE REFUERZO A INFLADOR	170(S)	10.34
V	190	DOBLEZ Y COSTURA TACK	180(U)	15.04
W	240	INSPECCION FINAL, ESCANEEO Y EMPAQUE	190(V)	5.35

Paso 5: Asignación de operaciones y actividades en celda de producción.

Asignación de actividades: cuidando la suma de actividades designadas al operador no rebase el tack time. Se siguen las siguientes consideraciones:

- Un operador realizar varias operaciones
- Una operación puede ser compartida por varios operadores(lo que significaría que en el turno de trabajo el tiempo para realizar esa operación estaría compartido, por varios operadores, una misma costura de una misma pieza tendrá que ser terminada por solamente un operador)
- La división de operaciones será representada por porcentaje(al igual que el tiempo estándar de dicha operación).

Cuadro 3. 13 Asignación de actividades comparando el tack time.

OPERADOR	OPERACIÓN	T STD.	TACK TIME
1	30,50	26.09	47.81
2	60, 25	30.47	47.81
3	70, 80,40(25%)	27.39	47.81
4	130, 140	24.65	47.81
5	90, 95,40 (25%)	28.12	47.81
6	100,105	23.40	47.81
7	110,120	34.76	47.81
8	150, 160(50%)	26.91	47.81
9	160(50%), 170(50%), 20, 40(50%)	24.97	47.81
10	170(50%), 180, 190	29.25	47.81
11	240	5.35	47.81
Operadores		11.00	
Op. Restricción.		34.76	

Paso 6: Realización de un estándar de movimiento, el cual ilustra cómo se moverán los operadores dentro de la celda de manufactura.

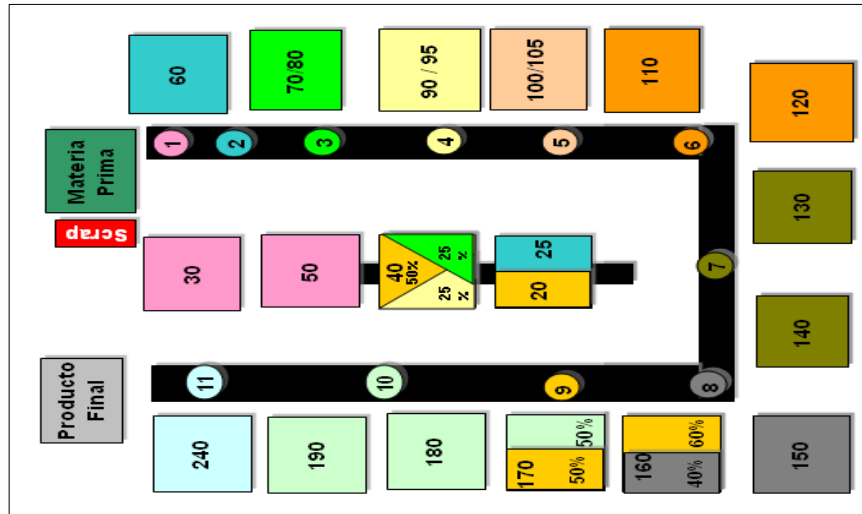


Figura 3. 8 Representación gráfica de un estándar de movimiento.

3.12.1.4 Datos de salida

Los datos que se pueden obtener al realizar los pasos anteriores se muestran a continuación.

Cuadro 3. 14 Datos a obtener después de realizar un balanceo de línea.

CAPACIDAD	
Cuello de Botella (seg.)	34.76
Rate (piezas/hora)	104
Capacidad 1er turno (pza)	891
Capacidad 2do turno (pza)	829
Número de Operadores	11.00
MPB	6.37

- **Cuello de botella:** se refiere al operador con mayor carga de trabajo
- **Rate:** El tiempo del cuello de botella multiplicado por las horas disponibles.
- **Número de Operadores:** Operadores que fueron necesarios para cubrir la demanda
- **MPB:** Bolsas Por Minuto (esto es considerando la operación restricción).

3.12.1.5 Planteamiento del problema con programación lineal (LINGO).

Para la comprobación de que el método de balanceo presentado en esta sección es el correcto se comparó utilizando la programación lineal. La cual el lector podrá consultar el en **Apéndice B. “Planteamiento del problema de balanceo de líneas con programación lineal”**.

La programación lineal puede ser aplicada para mejorar el manejo de los recursos y facilitar el trabajo de los ingenieros a realizar balanceos de línea. Utilizando los métodos de programación lineal y asignación de tareas. El programa LINGO es una herramienta que facilita la ejecución de estos planteamientos. Sin embargo, la actualmente la empresa donde se realizó la presente tesis no cuenta con este programa, por lo cual, solo se utilizó la versión trial para realizar un comparativo con el método de balanceo actual utilizado.

Los resultados fueron satisfactorios, ya que la asignación de tareas realizadas en el proceso manual y con el método de programación lineal son semejantes. A pesar de que la programación lineal muestra un panorama optimo y objetivo, necesita un conocimiento previo de programación, por esta razón se seleccionó el método presentado en esta sección ya que es más amigable para utilizarse en campo y su análisis puede ser comprendido en todos los niveles.

3.12.4 Procedimiento para afrontar la problemática

- Identificar problemas
- Comprender la situación
- Analizar la relación entre la causa y los efectos
- Reducir áreas de problemas y cuantificarlos
- Dar seguridad sobre si las causas detectadas son verdaderas o no
- Establecer un plan de contramedidas
- Prevenir errores debido a conclusiones
- No precipitaciones, negligencias en la solución de problemas
- Confirmar el efecto de la mejora
- Mantener el efecto de la mejora
- Detectar anomalías en el proceso
- Evaluar los problemas remanentes

La gráfica que se muestra en la Fig.3.7. Es una guía que permite definir la herramienta de calidad a utilizar de acuerdo a la etapa de la problemática.

3.12.5 Procedimiento para la realización de sesiones de lluvia de ideas

- Reunir a todos los involucrados en la problemática y/o aquellos que puedan aportar ideas sobre el problema a tratar
- La lluvia de ideas deberá ser dirigida por un líder, quien tendrá que registrar lo tratado en dicha reunión. A continuación se enlistan algunas reglas para una sesión de lluvia de ideas:
 - Establecer con claridad el problema
 - Obtener el mayor número de sugerencias
 - Todas las ideas deben ser estimuladas
 - Procurar la asociación o combinación de ideas
 - Registrar todas las ideas
 - Dar tiempo al grupo para que reflexione
 - Trazar un plan para la solución seleccionada
 - Elaborar un reporte de sesión

DEFINIR LA HERRAMIENTA A UTILIZAR

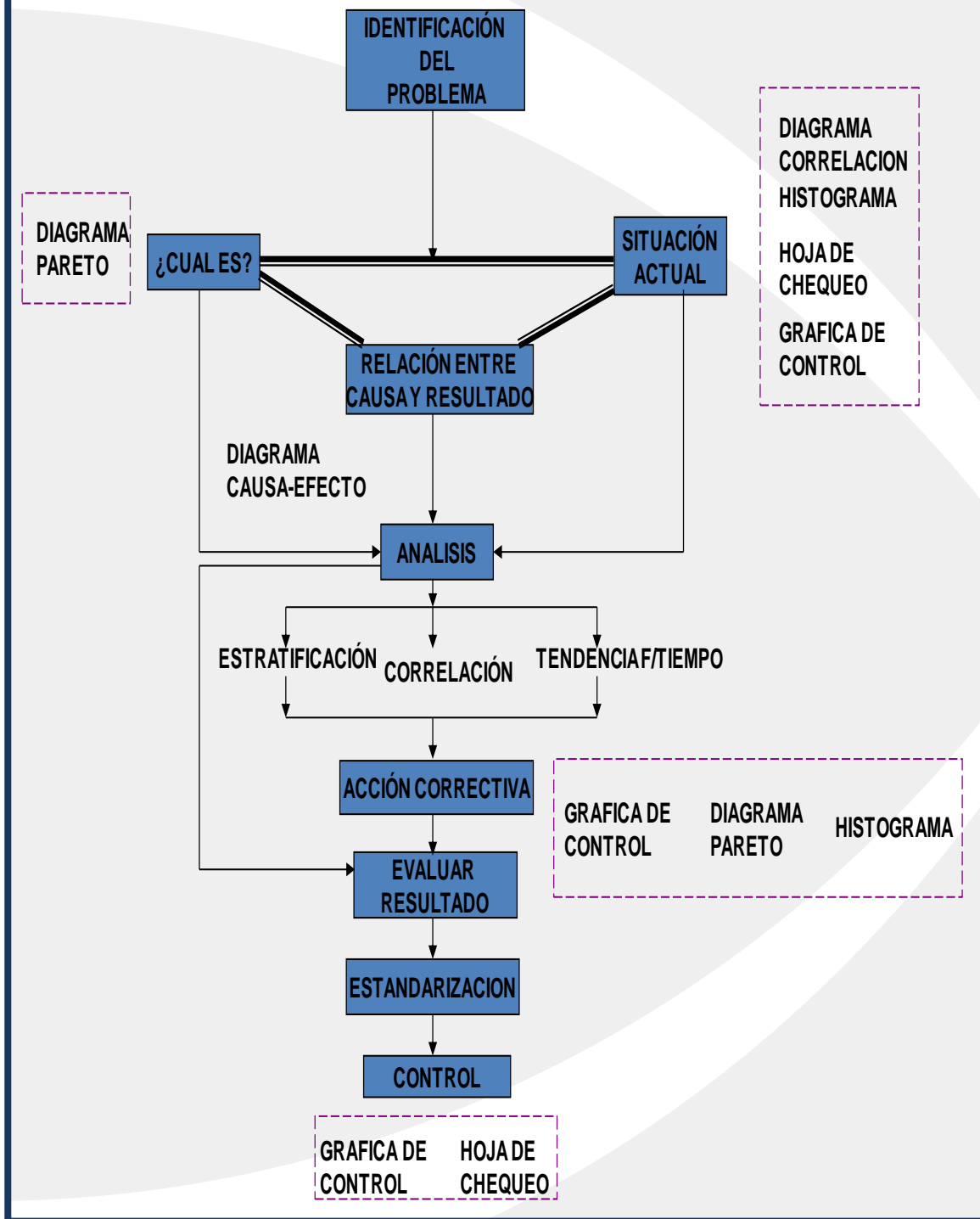


Figura 3. 9 Grafica para la elección de la herramienta de calidad a utilizar.

3.12.6 Procedimiento para la estratificación

- Determine las características o factores a estratificar
- Evalúe la situación actual de las características determinadas
- Determine las posibles causas de la dispersión como puntos importantes a estratificar
- Clasifique las características o factores en grupos individuales
- Evalúe el estado de los grupos clasificados
- Analice el estado total de la calidad y eficiencia para establecer las conclusiones finales

3.12.7 Procedimiento para realizar un Diagrama de Pareto

- Identificar el efecto que deseamos analizar y el objetivo por alcanzar
- Hacer una lista de los factores o causas potenciales que originan el efecto o problema, definiendo el valor de contribución de cada una
- Establecer el periodo de tiempo para la recopilación de datos
- Recopilar datos
- Ordenar datos recopilados de mayor a menor, con base en su contribución.
- Calcular el porcentaje relativo de cada factor. Asignar al efecto completo el valor de 100% y determinar el porcentaje relativo de contribución de la causa, basándose en su valor individual.
- Calcular el porcentaje relativo acumulado
- Elaborar tabla por cada tipo de factor, número de casos y cada uno de los porcentajes antes calculados
- Elaborar un gráfico (diagrama de Pareto) colocando los factores del mayor al menor y con su apoyo analizar el problema
- Identificar las causas vitales y tomar acciones correctivas en forma cuidadosa y específica (cada acción vital por separado)
- Identificar las causas importantes o de transición y tomar acciones globales
- Identificar las causas triviales y posponer su solución para cuando haya oportunidad de realizarla

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Codificación de resultados del cuestionario de percepción.

En esta etapa, se resumen los resultados obtenidos de los cuestionarios aplicados a los operadores, en primera instancia se codificaran las respuestas de los operadores según el Cuadro 3.4 “Tabla de Codificación para cuestionario sobre percepción de los trabajadores”. Después se contabilizaran los totales para cada una de las escalas de codificación y para cada celda. Este procedimiento se seguirá para los dos cuestionarios el de antes y después de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

Las escalas fueron asignadas de 1 al 3 según la codificación de cada respuesta, Dependiendo la pregunta es favorable que la codificación sea (1) o sea (3), es decir, para ciertas preguntas lo deseado es que la respuesta sea “nunca” y para otras la respuesta deseada puede ser “siempre”. En el cuadro 4.1 se especifica el nivel de codificación deseada por número de pregunta.

Cuadro 4. 1 Nivel de codificación deseada por número de pregunta.

Numero de pregunta	Codificación		
	1	2	3
	En desacuerdo	Neutral (Duda)	De acuerdo
	Nunca Nada	Algunas Veces Poco	Siempre Mucho
1			Mayor es mejor
2			Mayor es mejor
3			Mayor es mejor
4			Mayor es mejor
5			Mayor es mejor
6			Mayor es mejor
7			Mayor es mejor
8			Mayor es mejor
9			Mayor es mejor
10			Mayor es mejor
11			Mayor es mejor
12	Mayor es mejor		
13			Mayor es mejor
14	Mayor es mejor		
15			Mayor es mejor
16	Mayor es mejor		
17	Mayor es mejor		
18			Mayor es mejor
19			Mayor es mejor
20	Mayor es mejor		
21			Mayor es mejor
22			Mayor es mejor
23	Mayor es mejor		
24			Mayor es mejor
25			Mayor es mejor
26	Mayor es mejor		
27	Mayor es mejor		
28	Mayor es mejor		
29	Mayor es mejor		
30			Mayor es mejor

En el cuadro anterior se muestra sombreado con verde la columna de codificación donde se desea caigan las respuestas de los operadores.

4.2 Resultados del Cuestionario de la percepción de los operadores sobre las variables de interés de la investigación antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

En esta sección se muestran los resultados de la codificación de los cuestionarios antes y después de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, los resultados de la codificación se muestran en los siguientes cuadros:

- Cuadro 4. 2 “Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores antes de la implementación de herramientas Lean Manufacturing”. En este cuadro se muestra el conteo de los operadores que contestaron en cada uno de los niveles de codificación, en cada celda donde se hizo la implementación, en las ultimas columnas se muestra el porcentaje correspondiente al total de los operadores que se les aplico el cuestionario antes de la implementación.
- Cuadro 4. 3 “Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing”. Representa lo mismo que el cuadro 4.2 pero las respuestas obtenidas después de la implementación.
- En el Cuadro 4. 4 Se muestra el porcentaje de mejora sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing, por cada pregunta del cuestionario. En este cuadro se muestra el porcentaje que incremento la respuesta en el nivel de codificación deseada.

Cuadro 4. 2 Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores antes de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

		CUESTIONARIO.- ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING																											Percepción de los operadores		
Variable a evaluar	Número pregunta	C20			D0			B1			B3			C3			C7			C18			B7			Total de operadores					
		Cantidad de Operadores (por turno)			Cantidad de turnos			Total de operadores			Turnos con tiempo extra			Operadores después del balanceo			Cantidad de turnos			Escala de calificación			172								
		1 2 3			1 2 3			1 2 3			1 2 3			1 2 3			1 2 3			1 2 3			Porcentaje								
		En desacuerdo			Neutral (Duda)			De acuerdo			1			2			3			Nunca			Algunas Veces			Siempre					
		Nada			Poco			Mucho																							
Involucramiento de empleados	Proyectos de mejora (Lean Manufacturing)	1	10	9	5	3	8	15	13	7	2	10	6	6	15	5	8	10	4	4	9	5	4	9	3	2	45.93%	27.33%	26.74%		
		2	0	13	11	2	13	11	0	8	14	0	6	16	0	8	20	0	8	10	0	5	13	2	4	8	2.33%	37.79%	59.88%		
		3	14	6	4	10	8	8	10	12	0	14	6	2	20	7	1	6	10	2	8	8	2	6	6	2	51.16%	36.63%	12.21%		
		4	2	12	10	3	9	14	4	8	10	4	6	12	4	10	14	5	4	9	4	4	10	2	4	8	16.28%	33.14%	50.58%		
		5	13	6	5	16	5	5	12	6	4	16	5	1	12	13	3	11	5	2	9	4	5	6	4	4	55.23%	27.91%	16.86%		
		6	13	11	0	20	5	1	10	8	4	14	6	2	16	10	2	9	7	2	16	2	0	10	3	1	62.79%	30.23%	6.98%		
		7	8	13	3	5	10	11	4	8	10	3	11	8	8	13	7	4	7	7	6	8	4	3	7	4	23.84%	44.77%	31.40%		
		8	6	13	5	7	15	4	3	14	5	2	14	6	5	16	7	6	5	7	7	5	6	7	3	4	25.00%	49.42%	25.58%		
		9	4	5	15	2	9	15	2	8	12	4	8	10	10	11	7	8	3	7	7	2	9	4	4	6	23.84%	29.07%	47.09%		
Clima laboral	10	6	10	8	6	10	10	9	9	4	11	6	5	20	6	2	15	1	2	9	7	2	7	5	2	48.26%	31.40%	20.35%			
	11	5	9	10	2	16	8	6	9	7	4	5	13	7	12	9	5	4	9	7	3	8	3	5	6	22.67%	36.63%	40.70%			
	12	6	12	6	6	8	12	8	8	6	9	7	6	7	6	15	2	2	14	1	2	15	2	6	6	23.84%	29.65%	46.51%			
	13	12	6	6	7	10	9	6	4	12	7	7	8	12	10	6	8	6	4	7	6	5	4	4	6	36.63%	30.81%	32.56%			
Productividad	Cumplimiento cantidad	14	6	8	10	1	14	11	7	9	6	7	8	7	7	8	13	5	5	8	2	4	12	3	6	5	22.09%	36.05%	41.86%		
		15	14	6	4	15	9	2	16	6	0	15	6	1	16	8	4	13	4	1	11	5	2	5	7	2	61.05%	29.65%	9.30%		
		16	3	6	15	4	12	10	3	5	14	3	9	10	0	6	22	3	6	9	2	6	10	6	6	2	13.95%	32.56%	53.49%		
	Cumplimiento cal	17	3	16	5	7	10	10	8	10	4	11	9	2	5	8	15	7	8	3	5	8	5	2	7	5	27.91%	44.19%	28.49%		
		18	14	4	6	7	11	8	6	7	9	5	6	11	5	10	13	3	6	9	9	5	4	5	4	5	31.40%	30.81%	37.79%		
		19	6	9	9	13	8	5	7	11	4	7	9	6	20	6	2	11	6	1	10	5	3	2	5	7	44.19%	34.30%	21.51%		
	Balanceo de líneas	20	7	12	5	2	16	8	8	7	7	8	11	3	5	8	15	3	6	9	4	7	7	6	6	2	25.00%	42.44%	32.56%		
		21	3	9	12	2	9	15	0	11	11	2	7	13	6	9	13	3	6	9	4	5	9	0	7	7	11.63%	36.63%	51.74%		
		22	7	11	6	8	10	8	2	11	9	4	11	7	7	9	12	5	6	7	5	5	8	2	8	4	23.26%	41.28%	35.47%		
		23	9	9	6	9	12	5	7	11	4	8	9	5	12	8	8	3	4	11	4	3	11	6	4	4	33.72%	34.88%	31.40%		
24		7	7	10	8	9	9	4	7	11	3	6	13	5	8	15	5	4	9	4	5	9	1	6	7	21.51%	30.23%	48.26%			
25		10	8	6	6	15	5	9	7	6	8	6	8	14	9	5	7	8	3	9	4	5	5	6	3	39.53%	36.63%	23.84%			
26		9	9	6	9	9	8	7	8	7	10	7	5	7	12	9	6	5	7	8	4	6	6	3	5	36.05%	33.14%	30.81%			
Balanceo de líneas	27	0	9	15	5	9	12	6	11	5	7	10	5	14	9	5	4	7	7	5	7	6	7	5	2	27.91%	38.95%	33.14%			
	28	2	7	15	0	13	13	4	7	11	5	8	9	2	6	20	6	3	9	5	8	5	4	7	3	16.28%	34.30%	49.42%			
	29	9	7	8	7	9	10	10	6	6	8	6	8	12	11	5	6	6	6	8	2	8	6	5	3	38.37%	30.23%	31.40%			
	30	9	8	7	9	10	7	7	6	9	7	4	11	9	11	8	6	5	7	12	3	3	6	3	5	37.79%	29.07%	33.14%			

Cuadro 4. 3 Resultados de cuestionario sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

CUESTIONARIO.- DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING																																												
Variable a evaluar	Número pregunta	C20		D0		B1		B3		C3		C7		C18		B7																												
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																									
Involucramiento de empleados	Proyectos de mejora (Lean Manufacturing)	1	¿Tengo ideas para mejorar la producción y cuando las expreso son escuchadas?																		2	9	13	2	8	16	1	7	14	3	5	14	3	7	18	1	8	9	2	8	8	1	6	7
		2	¿Participo activamente para mejorar la producción de mi celda?																		0	9	15	1	9	16	0	5	17	0	4	18	0	5	23	0	5	13	0	3	15	0	3	11
		3	Los supervisores e ingenieros participan en proyectos de mejora en mi celda																		2	8	14	5	8	13	1	5	16	0	5	17	0	1	27	4	5	9	2	10	6	0	7	7
		4	¿Me considero parte importante para alcanzar los objetivos de mi celda?																		0	9	15	0	8	18	0	7	15	1	4	17	3	8	17	2	5	11	2	4	12	0	3	11
		5	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda se de que se tratan?																		2	5	17	5	6	15	0	7	15	0	5	17	0	9	19	4	5	9	3	6	9	0	5	9
		6	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda se que papel juego yo?																		6	9	9	3	4	19	4	10	8	4	7	11	5	16	7	3	6	9	3	2	13	3	4	7
		7	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda participo?																		3	12	9	2	9	15	2	7	13	1	8	13	2	17	9	1	4	13	2	7	9	0	5	9
		8	¿Se cuales son los objetivos de mi celda, cantidad de piezas requeridas, niveles de scrap?																		0	5	19	0	4	22	2	3	17	1	8	13	4	5	19	0	7	11	0	9	9	1	4	9
		9	En la celda tenemos las herramientas adecuadas para obtener los resultados																		5	4	15	3	9	14	2	4	16	3	4	15	4	9	15	3	4	11	3	2	13	1	3	10
	Clima laboral	10	¿Me siento motivado en mi trabajo?																		2	7	15	1	8	17	3	8	11	1	7	14	5	8	15	4	3	11	2	9	7	1	6	7
		11	¿Estoy satisfecho con el papel que desempeño en mi celda?																		0	9	15	0	9	17	0	7	15	0	6	16	2	9	17	3	3	12	4	4	10	0	5	9
		12	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda?																		19	3	2	13	8	5	11	8	3	12	6	4	15	8	5	8	7	3	11	4	3	7	5	2
Productividad	Cumplimiento cantidad	13	¿Me entiendo con mi equipo de trabajo , para obtener los objetivos de la celda (producción, niveles de scrap, niveles de ausentismo, generación de ideas)?																		0	9	15	1	12	13	1	6	15	0	8	14	3	12	13	2	7	9	2	9	7	0	5	9
		14	Me siento tenso al realizar mi trabajo																		10	14	0	9	16	1	14	7	1	12	8	2	11	12	5	10	6	2	10	5	3	6	7	1
		15	¿Se cubren los requerimientos de producción en mi celda?																		0	9	15	0	11	15	3	9	10	2	11	9	3	14	11	4	7	7	3	11	4	0	7	7
		16	Estoy en tiempo extra, me siento cansado																		10	14	0	9	17	0	10	12	0	12	10	0	10	18	0	5	13	0	10	8	0	8	6	0
	Cumplimiento calidad	17	¿Las personas de mi celda faltan al trabajo (índice de ausentismo)?																		6	16	2	8	9	9	10	8	4	14	6	2	8	11	9	11	7	0	7	7	4	10	4	0
		18	¿Mis compañeros se esfuerzan para cumplir con los objetivos de la celda?																		0	10	14	0	13	13	0	8	14	0	5	17	3	9	16	2	5	11	3	4	11	0	5	9
	Balanceo de líneas	19	¿En la celda tenemos índices de scrap, en un nivel optimo?																		3	9	12	7	12	7	4	14	4	3	11	8	12	11	5	3	8	7	2	12	4	2	4	8
		20	¿En la celda trabajamos para obtener la mayor cantidad de piezas, sin tomar en cuenta, cuanto scrap generamos?																		15	9	0	15	8	3	10	8	4	11	11	0	13	10	5	8	8	2	7	8	3	8	5	1
		21	¿Nos organizamos al interior de la celda para cubrir la producción?																		0	7	17	0	9	17	0	7	15	0	5	17	3	9	16	0	8	10	2	5	11	0	2	12
		22	La manera en que nos movemos dentro de la celda es la mejor																		0	9	15	2	8	16	0	5	17	0	8	14	3	8	17	0	7	11	0	6	12	0	3	11
23		¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda, por las cargas de trabajo?																		19	5	0	18	8	0	19	3	0	20	2	0	20	5	3	15	3	0	10	4	4	12	2	0	
24		Se que operaciones me corresponden dentro de la celda																		0	4	20	3	5	18	2	3	17	2	1	19	2	2	24	0	2	16	2	1	15	0	2	12	
Total de operadores	Porcentaje	Total de operadores																				172																						
		En desacuerdo																				Neutral (Duda)			De acuerdo																			
		1						2						3																														
		Nunca						Algunas Veces						Siempre																														
		Nada						Poco						Mucho																														
		8.72%						33.72%						57.56%																														
0.58%						25.00%						74.42%																																
8.14%						28.49%						63.37%																																
4.65%						27.91%						67.44%																																
8.14%						27.91%						63.95%																																
18.02%						33.72%						48.26%																																
7.56%						40.12%						52.33%																																
4.65%						26.16%						69.19%																																
13.95%						22.67%						63.37%																																
11.05%						32.56%						56.40%																																
5.23%						30.23%						64.53%																																
55.81%						28.49%						15.70%																																
5.23%						39.53%						55.23%																																
47.67%						43.60%						8.72%																																
8.72%						45.93%						45.35%																																
43.02%						56.98%						0.00%																																
43.02%						39.53%						17.44%																																
4.65%						34.30%						61.05%																																
20.93%						47.09%						31.98%																																
50.58%						38.95%						10.47%																																
2.91%						30.23%						66.86%																																
2.91%						31.40%						65.70%																																
77.33%						18.60%						4.07%																																
6.40%						11.63%						81.98%																																
5.81%						22.67%						71.51%																																
70.93%						25.58%						3.49%																																
48.26%						37.79%						13.95%																																
63.95%						31.40%						4.65%																																
72.09%						22.09%						5.81%																																
1.74%						22.09%						76.16%																																

Cuadro 4. 4 Porcentaje de mejora sobre la percepción de los trabajadores después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

Variable		Cuestionario	Porcentaje de mejora en la percepción	
Involucramiento de empleados	Proyectos de mejora (Lean Manufacturing)	1	¿Tengo ideas para mejorar la producción y cuando las expreso son escuchadas?	30.81%
		2	¿Participo activamente para mejorar la producción de mi celda?	14.53%
		3	Los supervisores e ingenieros participan en proyectos de mejora en mi celda	51.16%
		4	¿Me considero parte importante para alcanzar los objetivos de mi celda?	16.86%
		5	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé de qué se tratan?	47.09%
		6	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda sé qué papel juego yo?	41.28%
		7	¿Cuándo se implementan proyectos en la celda participo?	20.93%
		8	¿Se cuáles son los objetivos de mi celda, cantidad de piezas requeridas, niveles de scrap?	43.60%
		9	En la celda tenemos las herramientas adecuadas para obtener los resultados	16.28%
	Clima laboral	10	¿Me siento motivado en mi trabajo?	36.05%
		11	¿Estoy satisfecho con el papel que desempeño en mi celda?	23.84%
		12	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda?	31.98%
		13	¿Me entiendo con mi equipo de trabajo, para obtener los objetivos de la celda (producción, niveles de scrap, niveles de ausentismo, generación de ideas)?	22.67%
		14	Me siento tenso al realizar mi trabajo	25.58%
Productividad	Cumplimiento cantidad	15	¿Se cubren los requerimientos de producción en mi celda?	36.05%
		16	Estoy en tiempo extra, me siento cansado	29.07%
		17	¿Las personas de mi celda faltan al trabajo (índice de ausentismo)?	15.12%
		18	¿Mis compañeros se esfuerzan para cumplir con los objetivos de la celda?	23.26%
	Cumplimiento calidad	19	¿En la celda tenemos índices de scrap, en un nivel óptimo?	10.47%
		20	¿En la celda trabajamos para obtener la mayor cantidad de piezas, sin tomar en cuenta, cuanto scrap generamos?	25.58%
	Balanceo de líneas	21	¿Nos organizamos al interior de la celda para cubrir la producción?	15.12%
		22	La manera en que nos movemos dentro de la celda es la mejor	30.23%
		23	¿Hay conflictos entre mis compañeros de la celda, por las cargas de trabajo?	43.60%
		24	Sé que operaciones me corresponden dentro de la celda	33.72%
		25	Tengo el tiempo suficiente para realizar las operaciones que se me asignaron	47.67%
		26	Me tengo que mover a varias operaciones para ayudar a mis compañeros	34.88%
		27	Pienso que cuando se realiza un balanceo, quieren quitar gente de la celda	20.35%
		28	Pienso que cuando se realiza un balanceo, se exige una producción no alcanzable	47.67%
		29	¿Siento que trabajo más que mis compañeros de la celda?	33.72%
		30	Tengo un buen diseño de trabajo con tiempos y movimientos definidos	43.02%

4.2.1 Gráficas del cuestionario antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

En esta sección se muestran la comparación de la percepción y evaluación de los trabajadores antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing y el proceso de involucramiento de operadores, las figuras de la 4.1 a la 4.30 muestran los resultados de cada una de las preguntas del cuestionario de percepción.

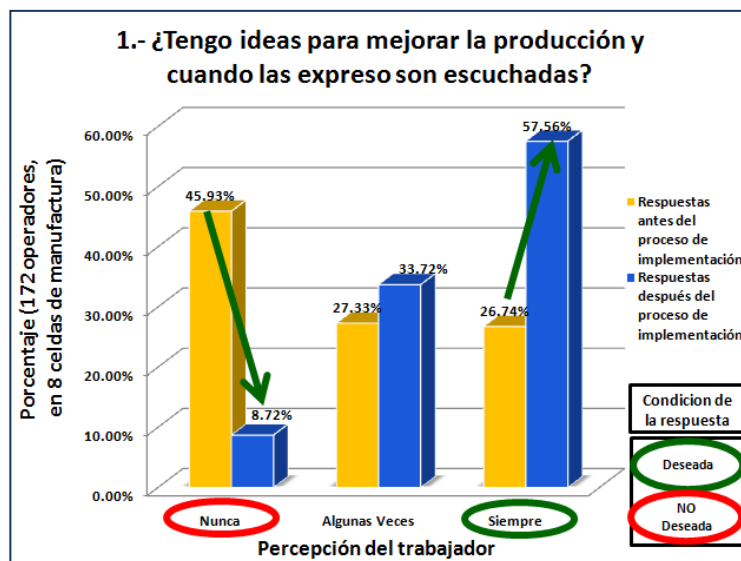


Figura 4. 1 Comparación de resultados pregunta 1.

Después de la implementación se puede observar un incremento del 30.81% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera una mejora significativa. Por lo tanto, los operadores perciben que se les pone mayor atención sobre las ideas que generan, ya que estas se toman en cuenta durante el proceso de implementación de herramientas Lean Manufacturing.

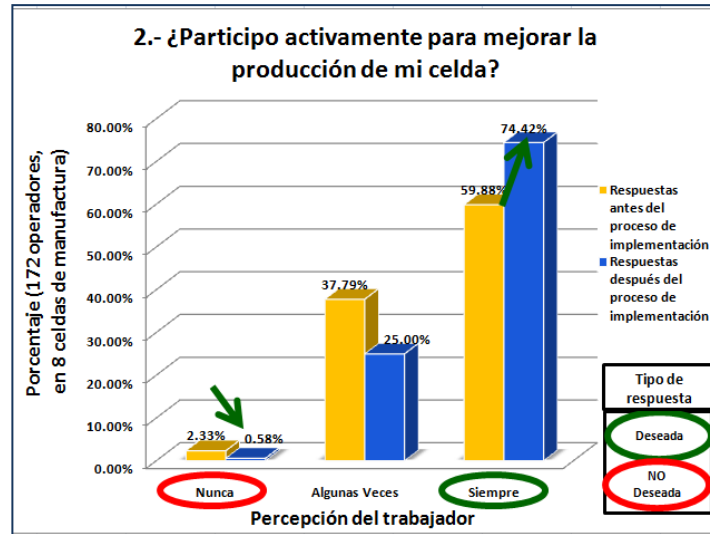


Figura 4. 2 Comparación de resultados pregunta 2.

Después de la implementación se observó un incremento del 14.53% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la participación del operador en actividades para mejorar la producción de la celda.

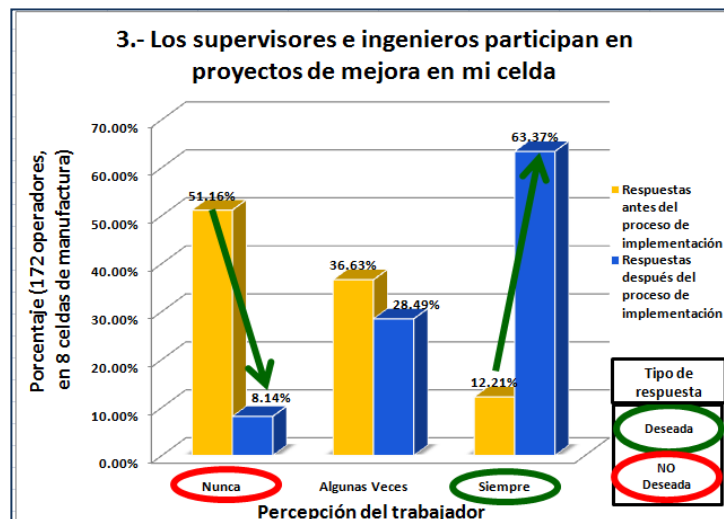


Figura 4. 3 Comparación de resultados pregunta 3.

Después de la implementación se observó un incremento del 51.16% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la participación en los proyectos del personal administrativo.

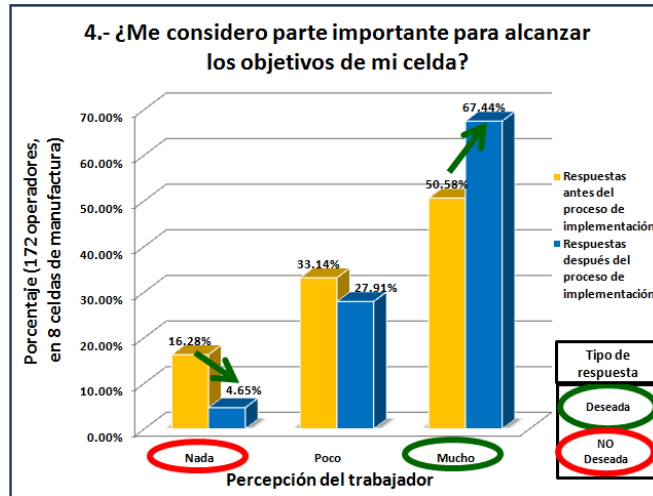


Figura 4. 4 Comparación de resultados pregunta 4.

Después de la implementación se observó un incremento del 16.86% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la importancia de su participación para alcanzar los objetivos.

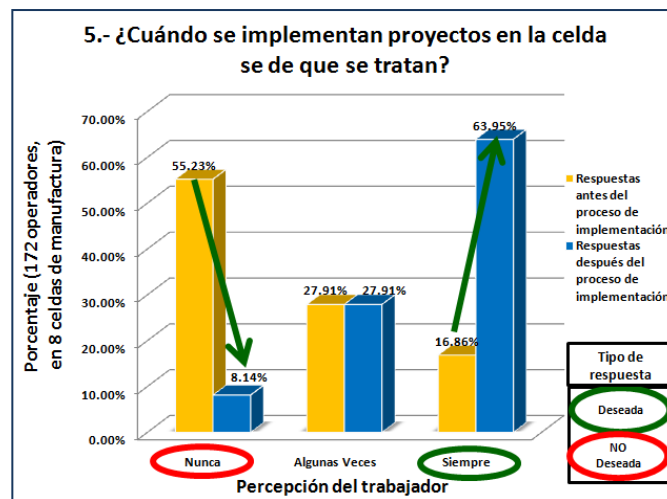


Figura 4. 5 Comparación de resultados pregunta 5.

Después de la implementación se observó un incremento del 47.09% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la información que se les brinda al implementar proyectos.

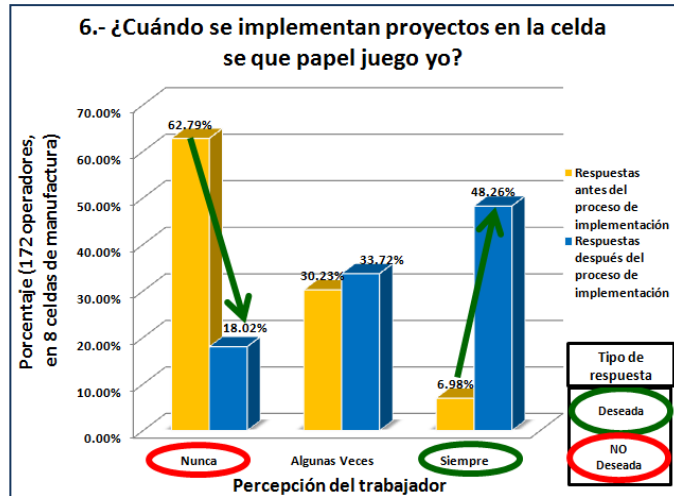


Figura 4. 6 Comparación de resultados pregunta 6.

Después de la implementación se observó un incremento del 41.28% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la información que se les brinda del papel que juegan en la implementación de proyectos.

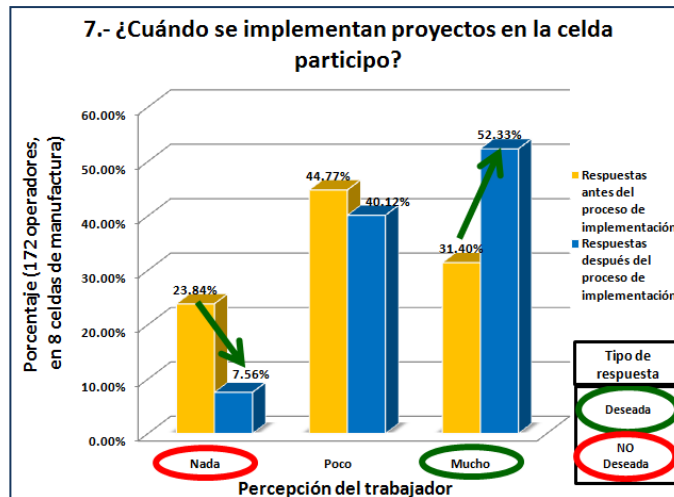


Figura 4. 7 Comparación de resultados pregunta 7.

Después de la implementación se observó un incremento del 20.93% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre su participación en la implementación de proyectos.

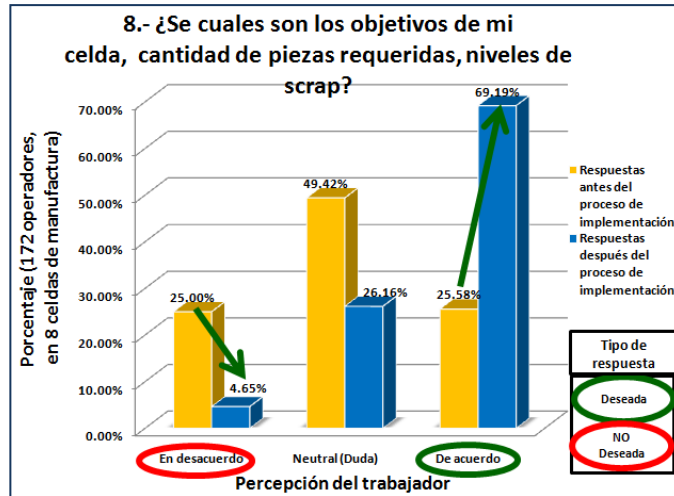


Figura 4. 8 Comparación de resultados pregunta 8.

Después de la implementación se observó un incremento del 43.60% en la respuesta “De acuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre su conocimiento de los objetivos de productividad de su celda.

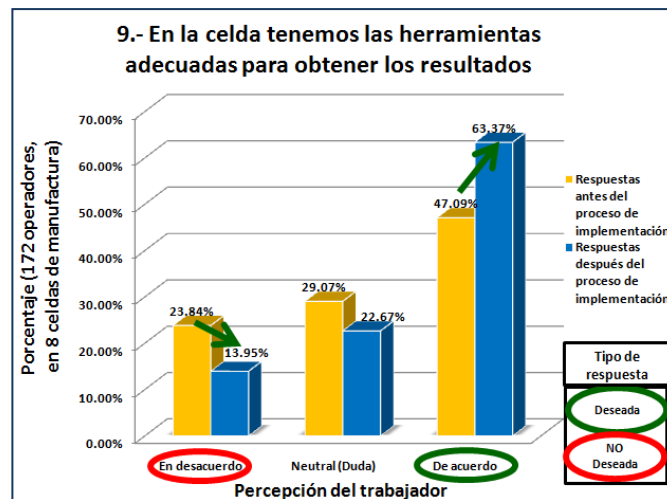


Figura 4. 9 Comparación de resultados pregunta 9.

Después de la implementación se observó un incremento del 16.28% en la respuesta “De acuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre si se les proporcionan las herramientas adecuadas para la alcanzar los objetivos.

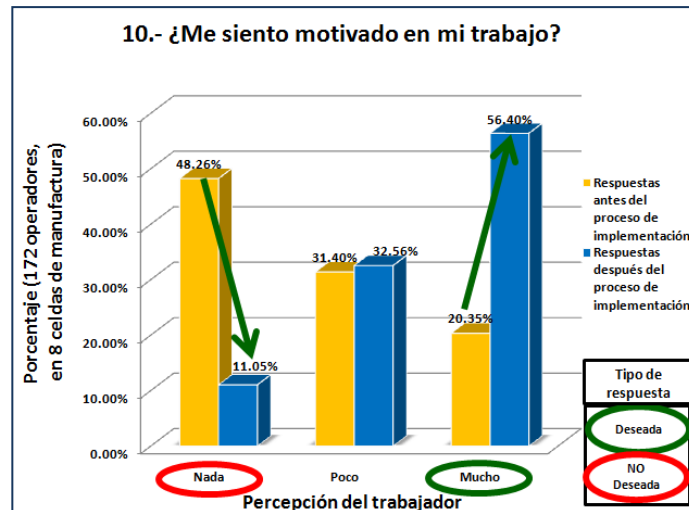


Figura 4. 10 Comparación de resultados pregunta 10.

Después de la implementación se observó un incremento del 36.05% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa sobre la motivación que los operadores poseen para realizar su labor.

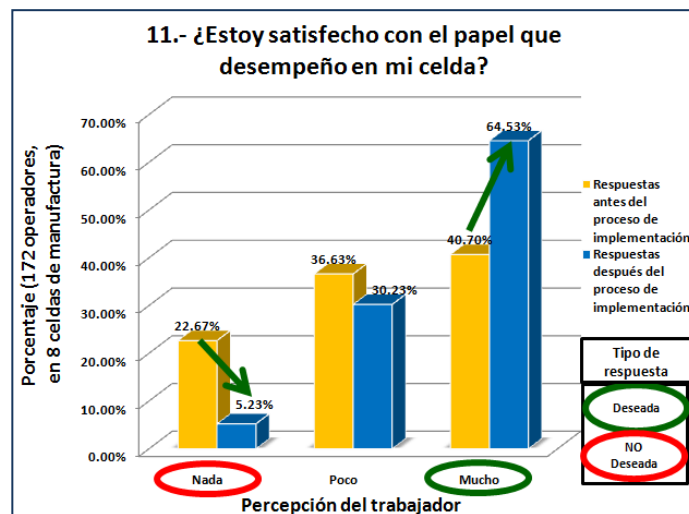


Figura 4. 11 Comparación de resultados pregunta 11.

Después de la implementación se observó un incremento del 23.84% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa sobre la satisfacción que los operadores que sienten a desempeñar su labor.

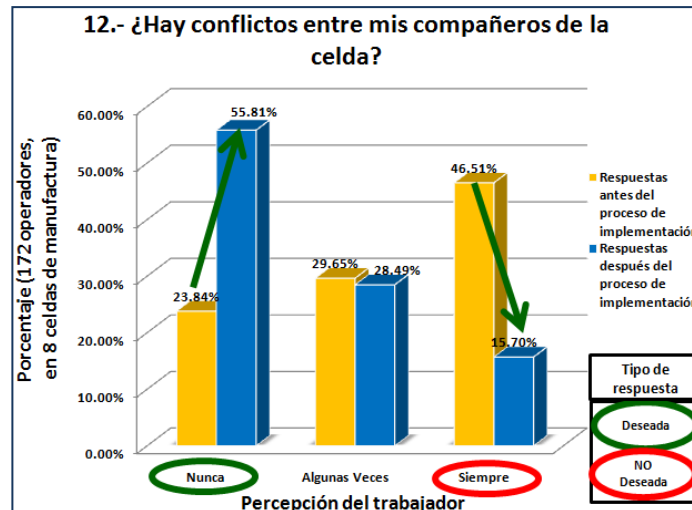


Figura 4. 12 Comparación de resultados pregunta 12.

Después de la implementación se observó un incremento del 31.98% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la reducción de los conflictos al interior de la celda.

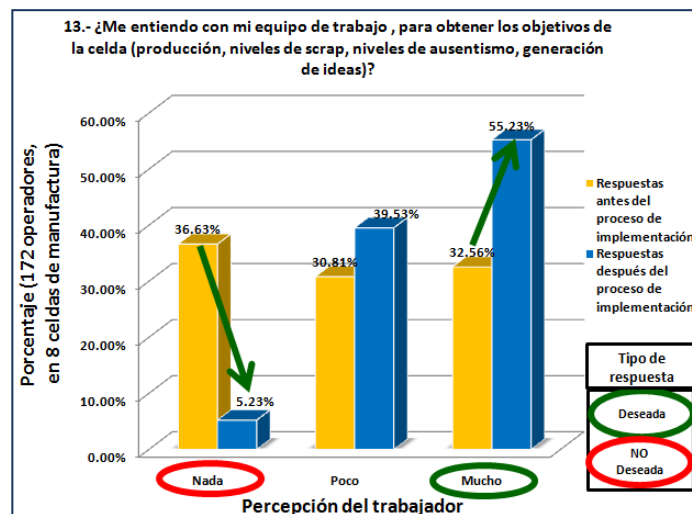


Figura 4. 13 Comparación de resultados pregunta 13.

Después de la implementación se observó un incremento del 22.67% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la comunicación de los operadores al interior de la celda para obtener los objetivos de la celda.

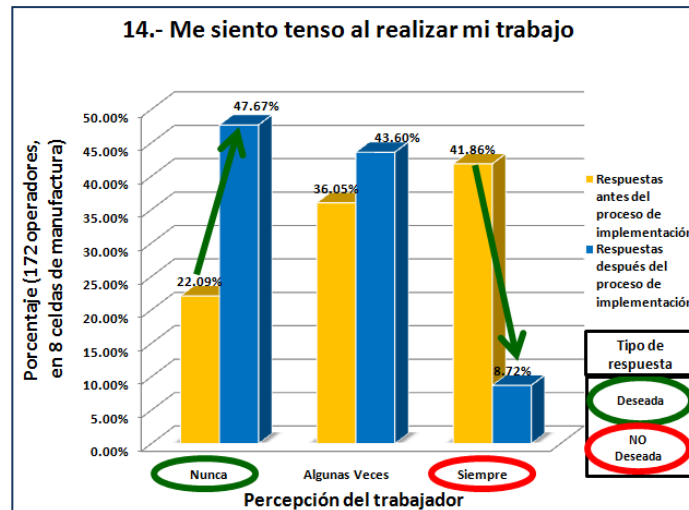


Figura 4. 14 Comparación de resultados pregunta 14.

Después de la implementación se observó un incremento del 31.98% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la reducción de la frecuencia de que los operadores se sientan tensos al realizar su trabajo.

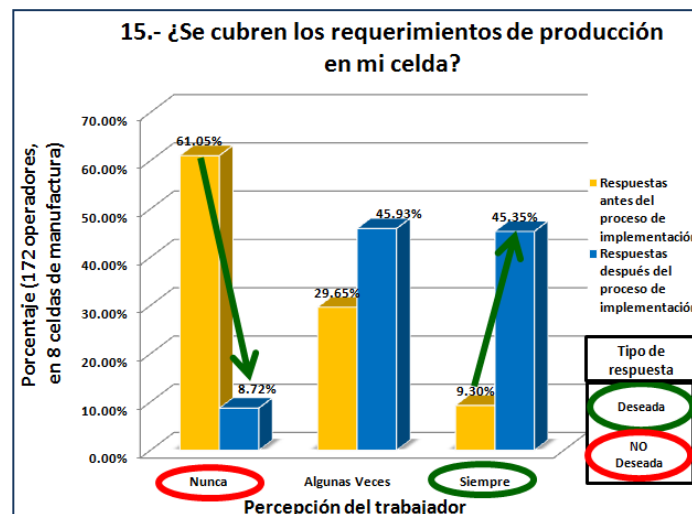


Figura 4. 15 Comparación de resultados pregunta 15.

Después de la implementación se observó un incremento del 36.05% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en percepción de los operadores respecto al cumplimiento de los requerimientos de producción.

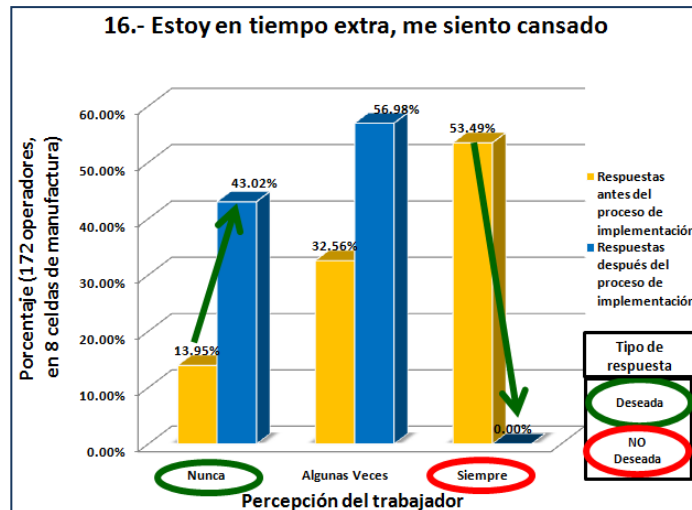


Figura 4. 16 Comparación de resultados pregunta 16.

Después de la implementación se observó un incremento del 29.07% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, hubo una mejora significativa en la reducción del tiempo extra que perciben los trabajadores disminuyendo en cansancio de los operadores por laborar tiempo extra excesivo.

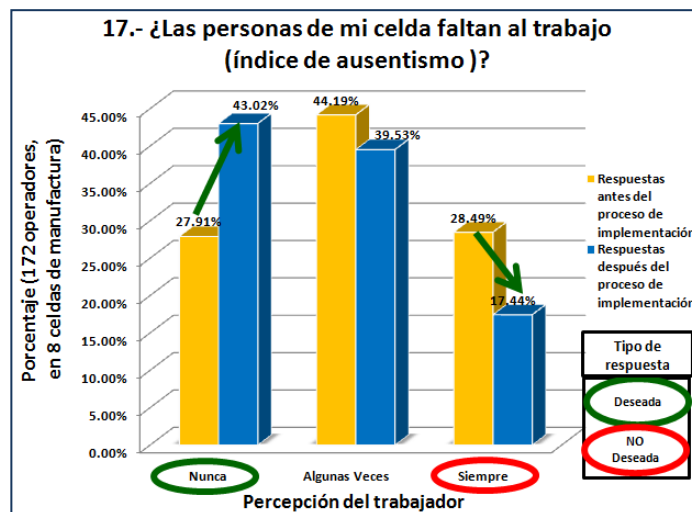


Figura 4. 17 Comparación de resultados pregunta 17.

Después de la implementación se observó un incremento del 15.12% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la reducción en la frecuencia de ausentismo perciben los trabajadores al interior de su celda.

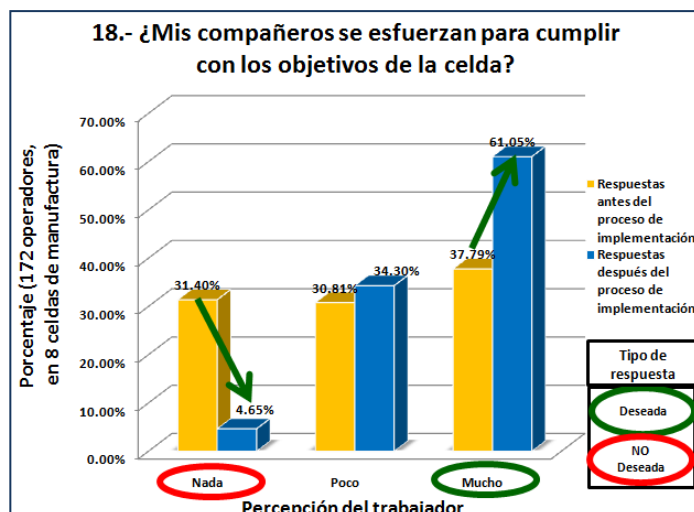


Figura 4. 18 Comparación de resultados pregunta 18.

Después de la implementación se observó un incremento del 23.26% en la respuesta “mucho”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en el esfuerzo para cumplir los objetivos que perciben los operadores de sus compañeros.

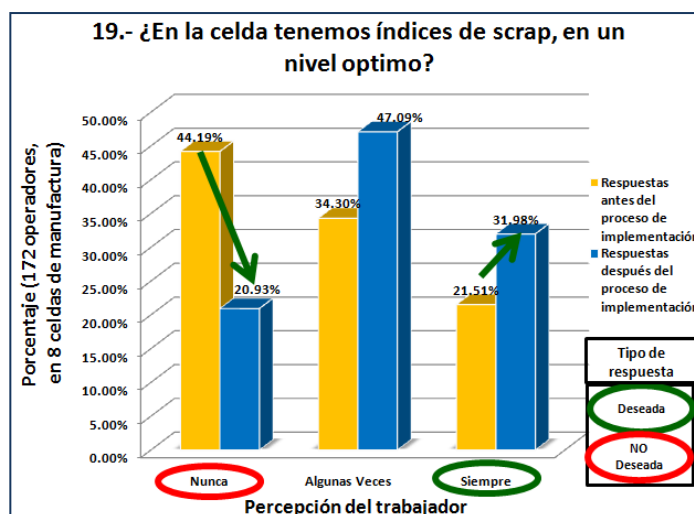


Figura 4. 19 Comparación de resultados pregunta 19.

Después de la implementación se observó un incremento del 10.47% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en percepción de los operadores sobre el cumplimiento en mantener los índices de scrap en un nivel óptimo.

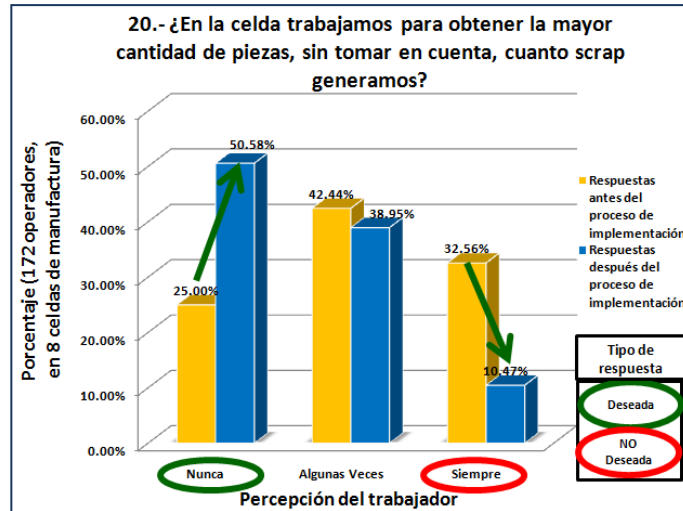


Figura 4. 20 Comparación de resultados pregunta 20.

Después de la implementación se observó un incremento del 25.58% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la reducción en la frecuencia de ausentismo perciben los trabajadores al interior de su celda.

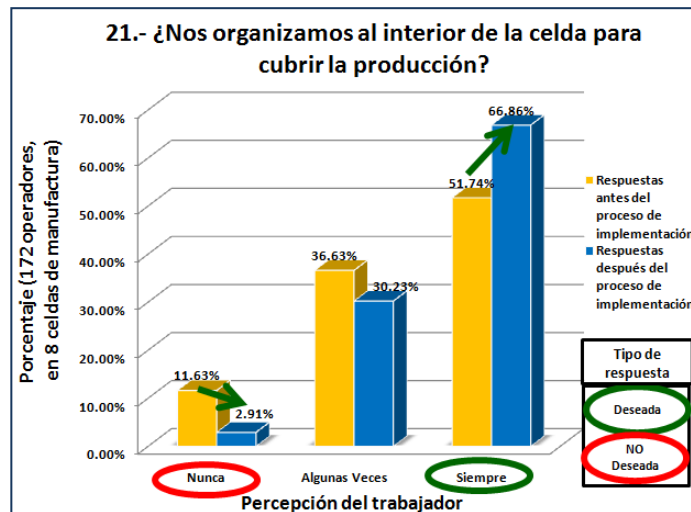


Figura 4. 21 Comparación de resultados pregunta 21.

Después de la implementación se observó un incremento del 15.12% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la comunicación que tienen los operadores al interior de la celda para organizarse para cubrir la producción requerida.

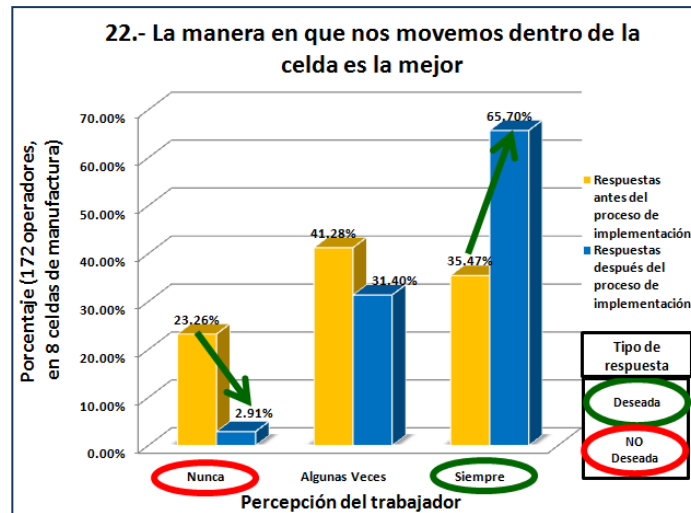


Figura 4. 22 Comparación de resultados pregunta 22.

Después de la implementación se observó un incremento del 30.23% en la respuesta “siempre”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la percepción de los operadores acerca de que la manera que se mueven al interior de la celda sea la óptima.

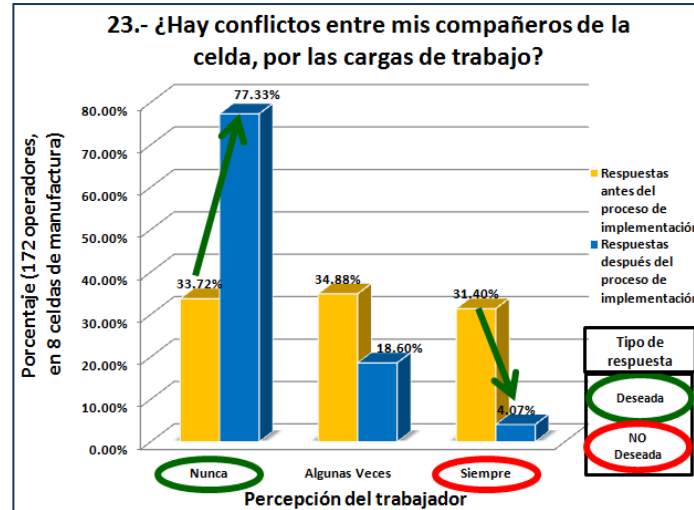


Figura 4. 23 Comparación de resultados pregunta 23.

Después de la implementación se observó un incremento del 43.60% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la reducción de conflictos al interior de la celda que perciben los operadores debido a la distribución de cargas de trabajo.

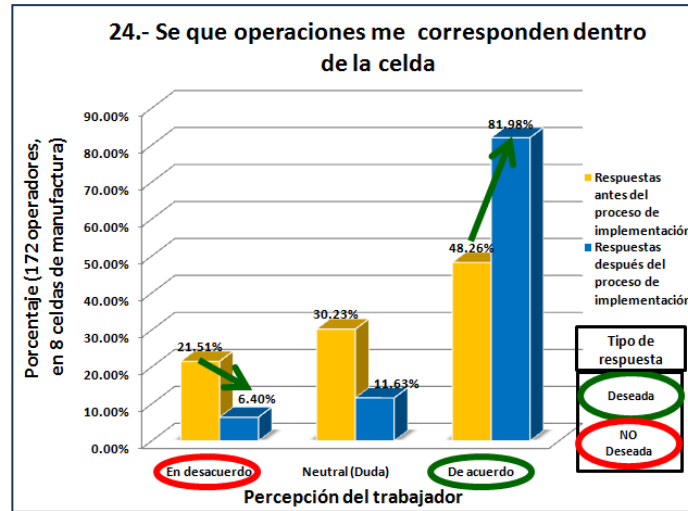


Figura 4. 24 Comparación de resultados pregunta 24.

Después de la implementación se observó un incremento del 33.72% en la respuesta “De acuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores sobre la información que se brinda de las operaciones que les corresponden.

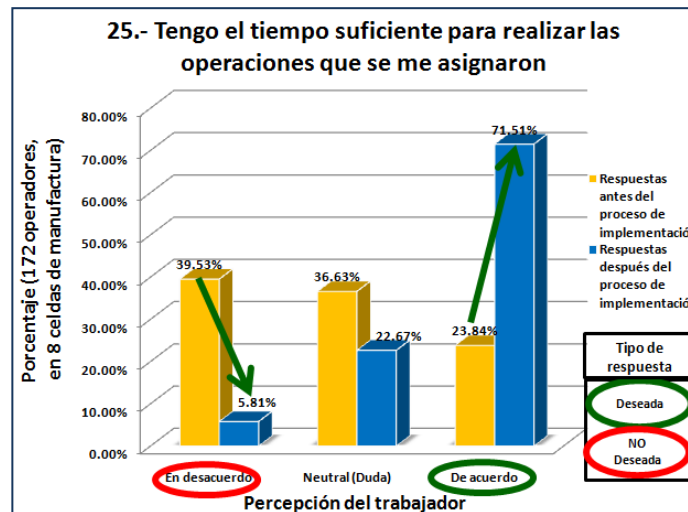


Figura 4. 25 Comparación de resultados pregunta 25.

Después de la implementación se observó un incremento del 47.67% en la respuesta “De acuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores acerca del tiempo asignado que tienen para hacer la operación es el suficiente.

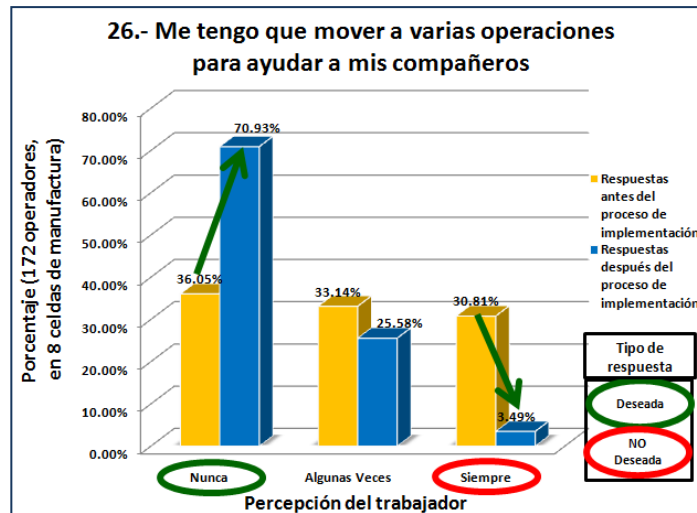


Figura 4. 26 Comparación de resultados pregunta 26.

Después de la implementación se observó un incremento del 34.88% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la reducción de los movimientos perciben los operadores debido a la distribución de cargas de trabajo.

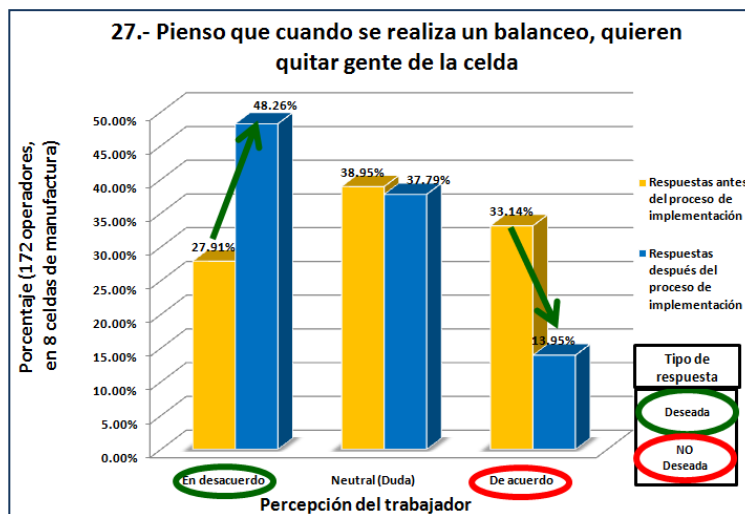


Figura 4. 27 Comparación de resultados pregunta 27.

Después de la implementación se observó un incremento del 20.35% en la respuesta “En desacuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la percepción de los operadores acerca de que la intención de un balanceo es quitar gente de la celda.

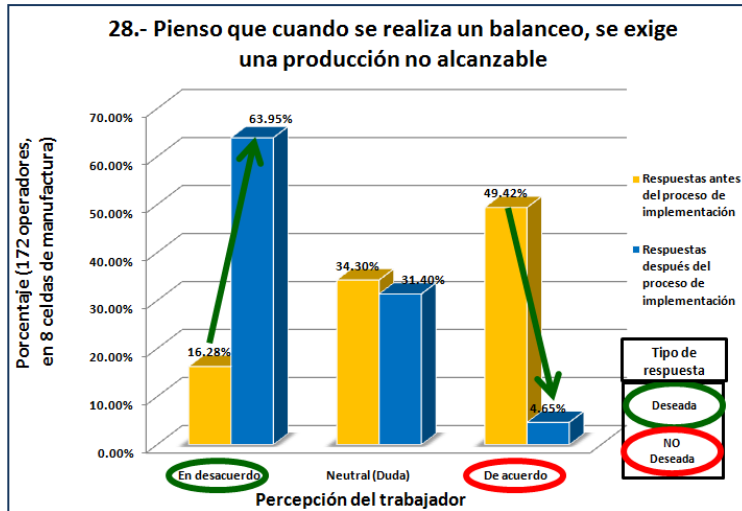


Figura 4. 28 Comparación de resultados pregunta 28.

Después de la implementación se observó un incremento del 47.67% en la respuesta “En desacuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la percepción de los operadores acerca de que cuando se realiza un balanceo, se exige un producción no alcanzable.

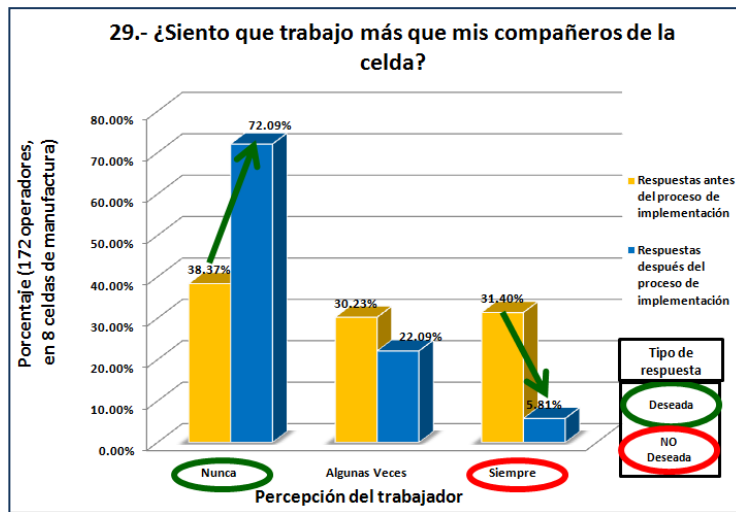


Figura 4. 29 Comparación de resultados pregunta 29.

Después de la implementación se observó un incremento del 33.72% en la respuesta “nunca”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa en la percepción de los operadores acerca del sentimiento de que trabajan más que sus compañeros.

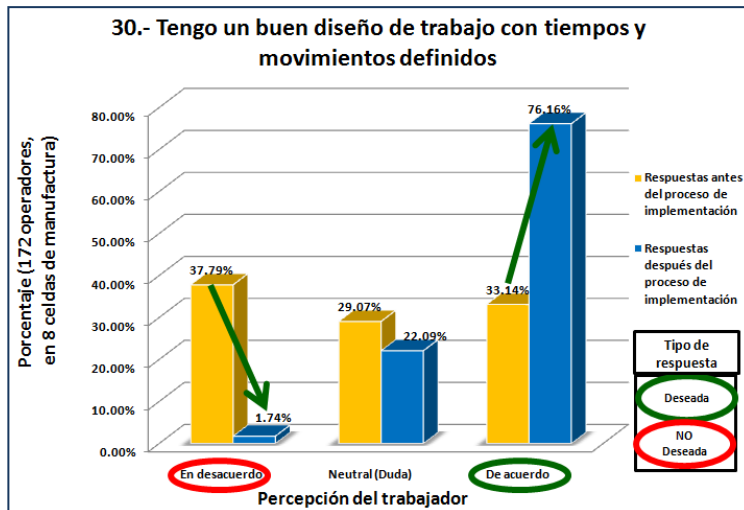


Figura 4. 30 Comparación de resultados pregunta 30.

Después de la implementación se observó un incremento del 43.02% en la respuesta “De acuerdo”. Siendo este mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa de la percepción de los operadores acerca de que el diseño de su trabajo y los tiempos definidos son los adecuados.

4.3 Mejoras obtenidas en indicadores de productividad.

En esta sección se observarán las mejoras obtenidas en los siguientes aspectos de la productividad:

- Plantilla de operadores por celda (menor es mejor)
- Tiempo extra semanal (menor es mejor)
- Rate de producción por hora (mayor es mejor)
- Minutos de Labor por unidad (menor es mejor).

A continuación se muestra una tabla comparativa del antes y después de la implementación en cada una de las celdas.

Cuadro 4. 5 Tabla comparativa antes y después de los indicadores de productividad.

Productividad antes de la implementación

Celda de Manufactura	C20	C21	D0	D1	B1	B3	C3 Y C5	C6	C7	C18	B7
Cantidad de Operadores (por turno)	13	8	13	13	13	13	14	10	11	11	7
Cantidad de turnos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total de operadores	26	16	26	26	26	26	28	20	22	22	14
Tiempo extra semanal (hrs)	351	351	351	351	351	351	378	270	297	297	189
Rate de piezas por hora	75	75	65	65	68	68	110	80	70	70	70
LMPU	10.40	6.40	12.00	12.00	11.47	11.47	7.64	7.50	9.43	9.43	6.00

Productividad después de la implementación

Fecha de inicio implementación	Sem. 11	Sem. 11	Sem. 14	Sem. 14	Sem. 20	Sem. 22	Sem. 18	Sem. 18	Sem. 25	Sem. 25	Sem. 25
Fecha de implementación concluida y rate de producción estable	Sem. 17	Sem. 17	Sem. 18	Sem. 18	Sem. 27	Sem.30	Sem. 22	Sem. 20	Sem. 33	Sem. 33	Sem. 28
Cantidad de Operadores (por turno)	10	9	12	12	12	12	20	6	11	11	9
Cantidad de turnos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total de operadores	20	18	24	24	24	24	40	12	22	22	18
Tiempo extra semanal (hrs)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rate de piezas por hora	91	91	85	85	75	75	190	60	95	95	90
LMPU	6.59	5.93	8.47	8.47	9.60	9.60	6.32	6.00	6.95	6.95	6.00

En el cuadro anterior se puede evidenciar la mejora sobre los indicadores de productividad, los más relevantes son eliminación al 100% del tiempo extra y disminución de los LMPU's (Labor Minute Per Unit). Para percibir lo anterior con mayor detalle, a continuación se muestran graficados los datos presentados en el Cuadros 4.5 .

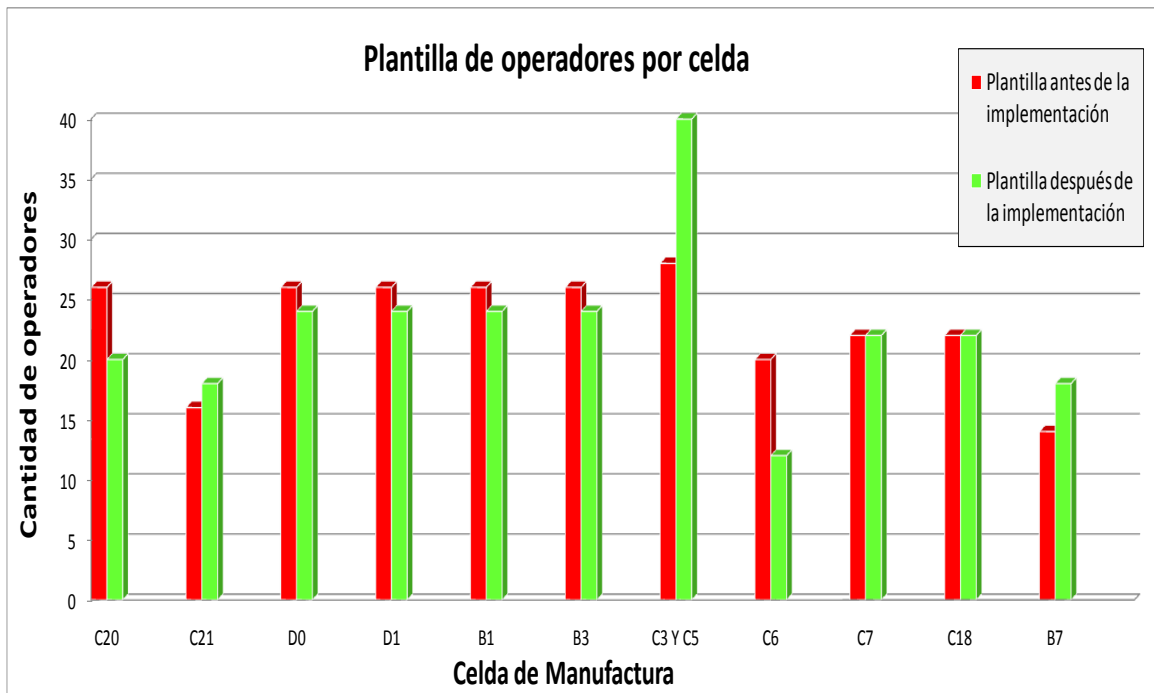


Figura 4. 31 Comparación del indicador “Cantidad de operadores”.

En la figura anterior se puede observar el dato de cantidad de operadores por celda de producción, en la mayoría de las celdas hubo un decremento en la cantidad de operadores, a continuación se comentaran los casos en los que se observa un incremento:

- Celda C21: se incorporó un operador más para cubrir los requerimientos del cliente, balanceando las operaciones y eliminando tiempo extra.
- Celda C3 y C5: anteriormente solo existía la celda C3, por cuestiones de balanceo de operaciones se decidió crear una

nueva celda C5, para cubrir los requerimientos del cliente. Se agregaron 6 operadores a la plantilla de este programa.

- Celda C7 y C18: no tuvo ninguna modificación en cuanto a la cantidad de operadores.

Antes de implementar las herramientas Lean Manufacturing se contaba con una plantilla de 126 operadores distribuidos en las celdas donde se realizó la experimentación. Después de la implementación se tienen 124 operadores, es decir 2 operadores menos, sin embargo, se agregó una celda de producción más C5, y se eliminó el tiempo extra, lo cual se puede observar en la Figura 4.32. Lo que incrementa el nivel de productividad al producir más con menos operadores.

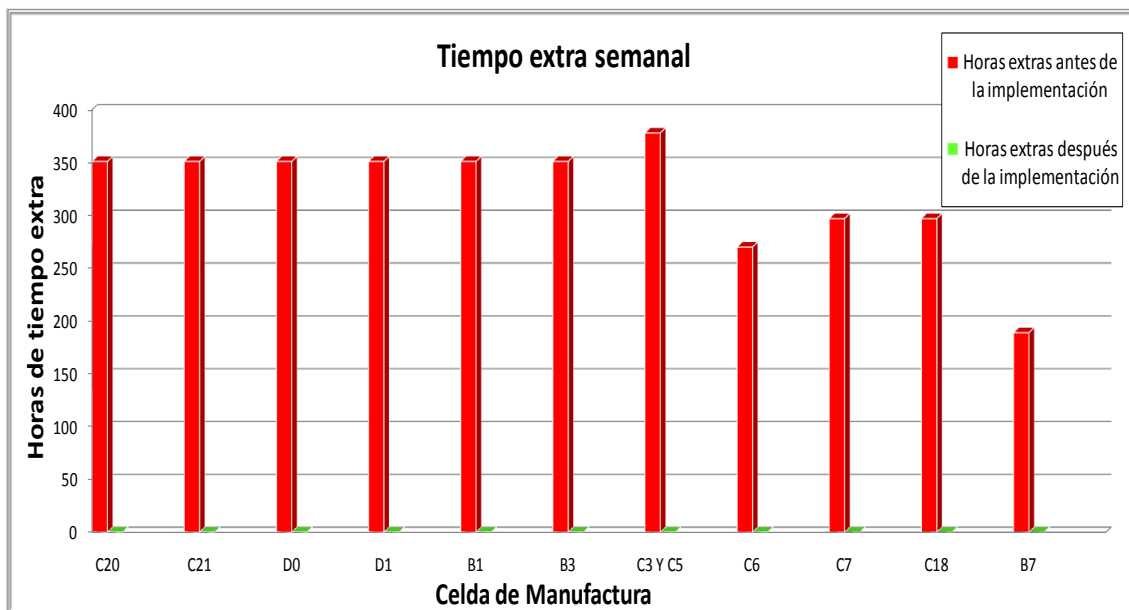


Figura 4. 32 Comparación del indicador “Tiempo extra semanal”.

En todas las celdas donde se implementaron herramientas Lean Manufacturing se disminuyó el tiempo extra. Antes se tenían en promedio 3537 horas semanales de tiempo extra, las cuales se eliminaron por completo.

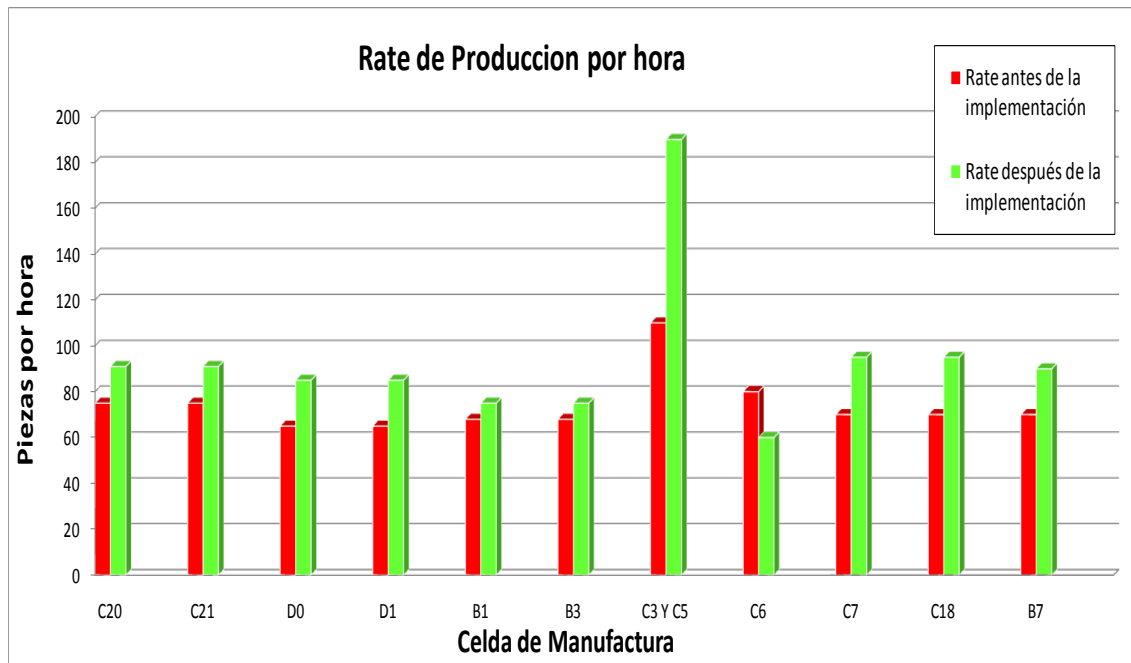


Figura 4. 33 Comparación del indicador “Rate de Producción por hora”.

En la figura anterior se puede observar el dato de rate de producción por hora, en todas las celdas hubo un incremento, excepto en la C6, esto, es porque cuando anteriormente como la celda C3 no alcanzaba a cubrir los requerimientos del cliente la celda C6 producía lo faltante, generando varios cambios de programas aumentando los desperdicios, cuando se creó la celda C5 se eliminó esta condición, por lo que disminuyó la cantidad de piezas generadas en la celda C6.

A nivel global en las celdas donde se implementaron herramientas Lean Manufacturing, antes de la implementación se producían en total 816 piezas por horas, después de la implementación se producen 1032 piezas por hora.

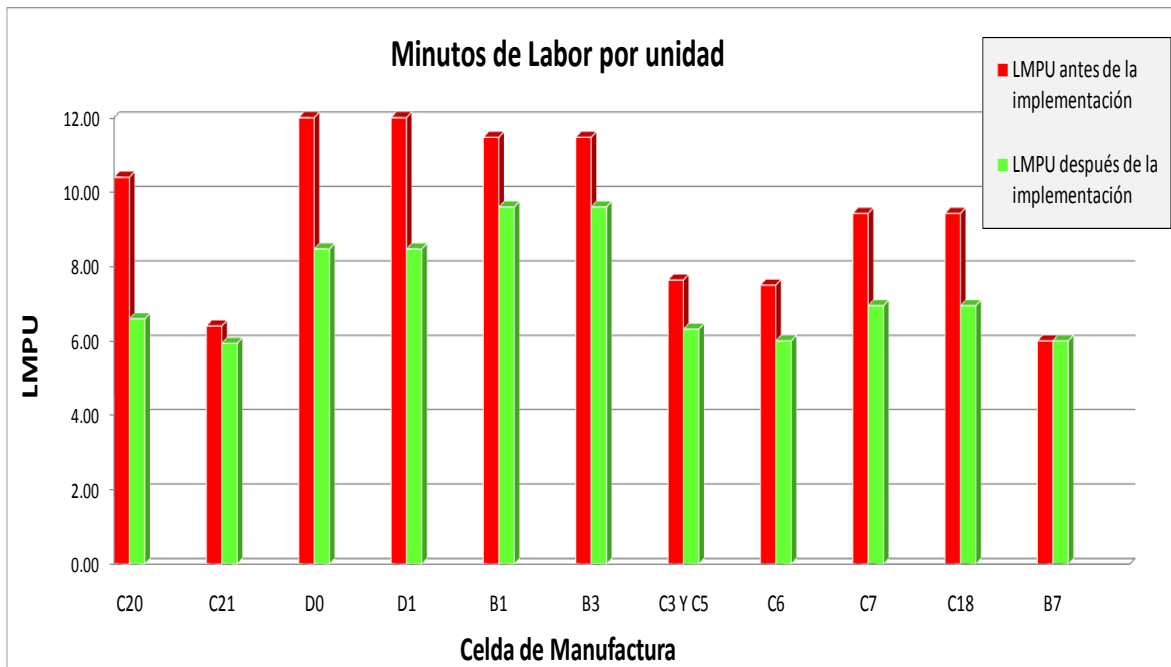


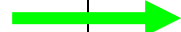
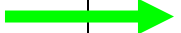

Figura 4. 34 Comparación del indicador “Minutos de Labor por unidad”.

En todas las celdas se observa una reducción del LMPU (Labor Minute per Unit), el cual es el indicador a nivel gerencial empleado medir la productividad de un tiempo ya transcurrido. La suma de los índices LMPU antes de la implementación era de 103.73 y después de la implementación es 80.87, observando una mejora significativa, en el nivel global de productividad en las celdas tomadas en la experimentación.

4.3.1. Incremento de productividad (indicadores globales).

En los siguientes cuadros se muestra los datos globales de cada indicador de productividad del antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Tomando como referencia las mejoras puntuales de cada una de las celdas en donde se realizó la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Cuadro 4. 5 “Tabla comparativa antes y después de los indicadores de productividad”.

Cuadro 4. 6 Indicadores de Productividad antes y después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

Indicador Global	Característica deseada	Antes de la implementación	Después de la implementación
Cantidad de Operadores (por turno)	Menor es mejor	126	124
Cantidad de turnos		2	2
Total de operadores		252	248
Tiempo extra semanal (hrs)		3537 	0
Rate de piezas por hora	Mayor es mejor	816 	1032
LMPU (Labor Minute per Unit)	Menor es mejor	103.73 	80.88

Se pueden observar mejoras significativas para los indicadores globales: Tiempo extra semanal, Rate de piezas por hora, LMPU (Labor Minute per Unit)

Empleando la ecuación 3.4. Mencionada en la sección 3.6.1 “Descripción de cálculos matemáticas”. Se obtiene el índice de productividad de cada uno de los indicadores.

Cuadro 4. 7 Porcentaje de mejora en los indicadores de productividad.

Indicador de productividad	Índice de Productividad
Tiempo extra semanal (hrs)	100.00%
Rate de piezas por hora	26.47%
LMPU (Labor Minute per Unit)	22.03%

Los indicadores de la investigación tienen un Índice de productividad mayor al 10%, por lo cual, se considera que hubo una mejora significativa (inclusive la mejora es superior al 20%) en cada uno de los indicadores de productividad después de la implementación de herramientas Lean Manufacturing.

4.3.2. Beneficios obtenidos por los trabajadores.

En esta sección enlistaremos los beneficios que obtuvieron los trabajadores involucrados en la implementación de herramientas Lean Manufacturing para el incremento de productividad:

- El tiempo extra se eliminó al 100%, ya que los trabajadores cumplen el rate de producción estándar de la celda, lo cual los lleva a obtener un bono de productividad del 10%, 15% o 20% de su salario, esto depende de la cantidad generada de partes no conformes (scrap). Con esto los trabajadores gozan más de su tiempo libre y se ven beneficiados con el bono de productividad.
- Se logró solidar una cultura de involucramiento de empleados en proyectos de de mejora, tomado en cuenta sus ideas. En la empresa existe un esquema para el buzón de sugerencias, las ideas generan cierta cantidad de puntos, que son intercambiables por premios físicos.
- Se mejora la percepción de los trabajadores en cuanto al clima laboral, estableciendo relaciones cooperativas. El incremento en la productividad a través de la gente no es el resultado de hacerla trabajar más duro. Una mayor participación y compromiso del trabajador es un factor vital en el mejoramiento de la productividad.

4.3.3. Secuencia común para implementar herramientas Lean Manufacturing, en celdas de bolsas de aire laterales.

En todas las celdas se observa una reducción del LMPU (Labor Minute per Unit), el cual es el indicador a nivel gerencial empleado medir la productividad de un tiempo ya transcurrido. La suma de los índices LMPU antes de la implementación era de 103.73 y después de la implementación es 80.87, observando una mejora significativa, en el nivel global de productividad en las celdas tomadas en la experimentación.

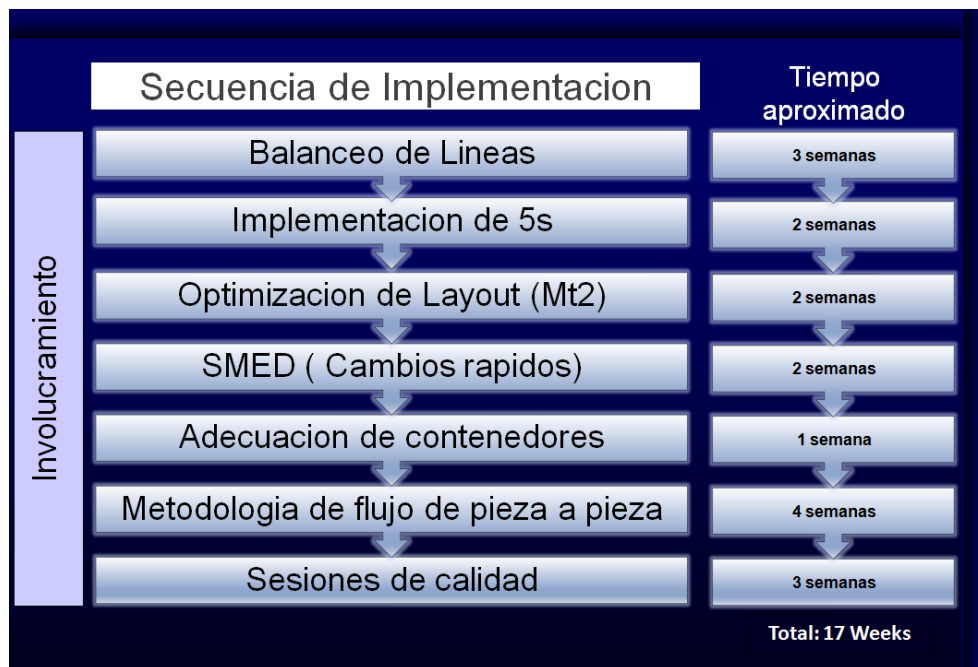


Figura 4. 35 Secuencia común identificada para la implementación de herramientas Lean en celdas de bolsas laterales.

En la figura anterior se muestra la secuencia común que se identificó a lo largo de la experimentación, conforme se satisfacían las necesidades operaciones los operadores solicitaban una herramienta condiciones para eficientar su trabajo acudiendo a alguna herramienta de Lean Manufacturing. A continuación se describe en que consiste cada una de las etapas:

- **Balanceo de Líneas:** En toma de tiempos para equilibrar las cargas de trabajo de los operadores para cumplir con la demanda requerida, en este procesos los operadores son involucrados realizando talleres de trabajo para analizar la distribución propuesta por el ingeniero de Procesos, una vez acordada una distribución esta se estandariza en un documento llamado Estándar de Movimiento, el cual ilustra la distribución de operaciones.
- **Implementación de 5's:** Consiste implementar estándares para mantener la limpieza al interior de la celda.
- **Optimización de Layout:** Una vez realizado el balanceo de líneas y la implementación de 5's, se evidentes deficiencias en el layout este optimiza para mejorar aspectos de ergonomía de los operadores.
- **SMED (Cambios Rápidos):** Esto para disminuir el tiempo de cambio de los herramientales en un cambio de programa, inclusive si en la maquina existen varias estaciones de marcado estas se unen aplicando SMED para operar simultáneamente.
- **Adecuación de contenedores:** Se fabrican y/o modifican contenedores para eficientar el flujo de materiales al interior de la celda. En esta etapa se realiza una sesión de lluvia de ideas con los operadores para mejorar sus contenedores.
- **Metodología Pieza a pieza:** En este paso se asigna un responsable para liderar el proyecto al interior de la celda regularmente un coordinador de producción, quien monitorea de flujo de pieza a pieza, registrando la cantidad de piezas en determinadas horas, al final del día se junta el equipo de la celda para informarles los resultados y realizar un plan de acción para mejorarlos.
- **Sesiones de calidad:** Se realizan sesiones diarias con todos los operadores de la celda, coordinador de producción, supervisor y auditor de calidad, donde se revisan Cartas de proceso, registros de medidas, ayudas visuales, en sí, toda la documentación de la celda.

V. CONCLUSIONES

El nombre del proyecto es “Incremento de la productividad en celdas de costura de bolsas de aire de una empresa manufacturera automotriz”, en este, se cumplió satisfactoriamente el objetivo general que fue medir el impacto sobre la productividad que tiene la implementación de herramientas de Lean Manufacturing basadas en el involucramiento del personal operativo.

Se pudo concluir satisfactoriamente que las mejoras en el índice de productividad fueron significativas, siendo superiores al 20%. Las mejoras puntuales obtenidas sobre los indicadores de productividad fueron: **Tiempo extra semanal con una reducción al 100%, Rate de piezas por hora con un incremento de 26.47% y Labor Minute per Unit (LMPU) con una reducción del 22.03%.**

Se comparó el antes y después de la implementación, en cuanto a la percepción de los trabajadores, esto fue con la finalidad de tener un panorama sobre el pensamiento colectivo de los trabajadores, ya que si solo se hubieran logrado mejoras en la productividad, pero los trabajadores percibieran un deterioro en su clima laboral, la mejora sería parcial y difícil de sostener.

Dado que los resultados muestran que los índices de productividad tuvieron un incremento positivo, y además, la percepción de los trabajadores tuvo mejoras significativas en cuanto a las variables de interés (involucramiento de empleados en proyectos Lean Manufacturing principalmente balanceo de líneas, clima laboral, cumplimiento en cantidad y calidad), se puede determinar que la mejora fue consistente.

Se logró identificar una secuencia común a seguir para la implementación de herramientas Lean Manufacturing, a través de la observación de la demanda

de las herramientas lean Manufacturing por parte de los operadores, desarrollando un sistema de involucramiento de operadores. Teniendo una secuencia ya validada que puede servir como base para futuros proyectos de mejora.

Personalmente quedo muy satisfecha con los conocimientos que adquirí y por la experiencia obtenida en el desarrollo del proyecto. Sin duda alguna, el alcanzar objetivos se debió al fortalecimiento de lazos laborales principalmente entre los operadores, coordinadores, supervisores de producción, supervisores y técnicos de mantenimiento, ingenieros de calidad y procesos.

La principal problemática a enfrentar fue el convencer a la gente y propiciar en ellos la iniciativa de involucrarse para lograr metas que beneficien a la empresa. La estrategia para implementar herramientas Lean Manufacturing fue darle importancia a la opinión de cada una de las personas involucradas, centrándonos en sus expectativas y la capacitación en temas que no tenían claros. El interés y la participación del equipo de trabajo hicieron posible la generación de sinergia.

VI. LITERATURA CITADA

1. Alonzo, G. H. (Octubre de 2009). Just in Time, ¿Moda o Necesidad? Contribuciones a la economía .
2. Anderson, R. D. (2008). Estadística para la Administración y economía. (Decima ed.). México: Cengage Learning.
3. Arias, R. J. (2000). Control de tiempos y productividad. La ventaja competitiva! Paraninfo Thomson Learning.
4. Arnoletto, E. (2007). Administración de la producción como ventaja competitiva (electrónica ed.).
5. Barry, S. S. (1999). The effectiveness of air bags. Accident Analysis and Prevention , 31 (6), 781-787.
6. Bentancourt, T. J. (2006). Gestion Estrategica: Navegando Hacia El Cuarto Paradigma. Edicion electronica.
7. Brunet, L. P. (1999). El clima de trabajo en las organizaciones: definición, diagnostico y consecuencias. Desarrollo de los recursos humanos. Trillas.
8. Cabrera, H. (Octubre de 2009). Aplicacion de un procedimiento de mejora a procesos ordenados secuencialmente a partir de los métodos multicriterios .
9. Chiavenato, A. (2000). Administración de Recursos humanos (Quinta ed.). Mc. Graw Hill.
10. Cravents, R. B. (1957). Organizacional productivity: A challenge for psychologists. American Psychologist , 12 (3), 163-164.
11. Cruelles, J. A. (2010). Teoria de la Medición del Despilfarro (Segunda ed.). España: Artef, S.L.
12. Dessler, G. V. (2004). Administracion de Recursos Humanos. Enfoque Latinoamericano (Segunda ed.). México: Pearson Prentice Hall.
13. Escalante, E. (2009). Seis Sigma: Metodología y Técnicas. México: Limusa.
14. Frías, P. (2001). Desafios de modernización de las relaciones laborales: Hacia una nueva cultura y concertación empresarial (Primera ed.). Santiago de Chile: LOM.

15. García, A. A. (1998). Conceptos de Organización Industrial. España: Productica.
16. García, C. A. (2011). Productividad y Reducción de Costos (2 ed.). Trillas.
17. Gómez, M. M. (2006). Introducción a la metodología de la investigación científica (Primera ed.). Córdoba: Brujas.
18. Heizer, J. y. (2004). Principios de Administración de Operaciones (Quinta edición ed.). México: Pearson educación.
19. Heizer, R. Principios de administracion de operaciones. Pearson Prentice Hall.
20. Hicks, P. E. (2003). Ingeniería Industrial y Administración (2 ed.). México: CECSA.
21. Kast, F. E. (1988). Administración en las Organizaciones: enfoque de sistemas y contingencias (2 ed.). Mc. Graw-Hill.
22. Keating, E. (1999). La superacion de la Paradoja del Mejoramiento. Revista Europea de Dirección , 17 (2), 120-134.
23. Konz, S. (2004). Diseño de Instalaciones Industriales. México: Limusa.
24. Liker, J. K. (2004). Las claves de éxito de Toyota. Mcgraw-Hill.
25. Meredith, J. R. (2002). Administración de las operaciones: un énfasis conceptual (Segunda ed.). México: Limusa Wiley.
26. Meyers, F. E. (2004). Estudio de tiempos y movimientos (Segunda ed.). México: Pearson Educación.
27. Mondelo, P. R. (2002). Diseño de Puestos de Trabajo. México: Alfaomega.
28. Monks, J. G. Administración de operaciones, serie Schaum (Primera ed.). México D.F: Mc.Graw Hill.
29. Niebel, B. W. (2004). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (11a ed.). México: Alfaomega.
30. Nikkan, K. S. (1990). Kaizen Teian 2: Directrices para la mejora a través de las sugerencias de los empleados. Asociación de Relaciones Humanas del Japón (JHRA).

31. Nikkan, K. S. (1990). Kaizen Teian 2: Directrices para la mejora continua a través de las sugerencias de los empleados. Asociación de Relaciones Humanas del Japón (JHRA).
32. Nikkan, K. S. (1989). Kaizen Teian I: Desarrollo de sistemas para la mejora continua a través de las propuestas de los empleados. Asociación de Relaciones Humanas del Japón (JHRA).
33. Productivity, Press. (1977). Mantenimiento Autonomo por Operarios. Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas.
34. Prokopenko, J. (1987). Productivity Management: A practical handbook. Geneva: international Labour Office.
35. Riggs, J. L. (2001). Sistemas de producción: Planeación, Análisis y Control (3 ed.). Limusa.
36. Río, E. C. (2006). Investigación: Conceptos Modernos de Productividad. Cuba.
37. Robbins, S. P. (2002). Fundamentos de Administración: conceptos esenciales y aplicaciones. (Tercera ed.). México: Pearson Prentice Hall.
38. Ruiz, J. A. (2010). Teoria de la Medición del Despilfarro (Segunda ed.). España: Artef, S.L.
39. Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing Paso a Paso (1 ed.). México: Norma.
40. Yasunori, S. (2002). Air bag injuries- aliterature review in cosideration of demands in forensic outopsis. Forensic Science International , 128 (3), 162-167.
41. Zandin, K. B. (2005). MAYNARD. Manual del Ingeniero Industrial (5 ed.). Mexico: Mc. Graw Hill.

APENDICE

Apéndice A. "Cronograma del desarrollo del proyecto".

Metodología	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE											
	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26	W27	W28	W29	W30	W31	W32	W33	W34	W35	W36	W37	W38	W39	W40	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50	W51					
Protocolo de tesis	■	■	■	■																																												
Etapa de planificacion					■	■																																										
Etapa de analisis						■	■	■	■	■	■	■	■	■																																		
Etapa de integracion															■	■	■	■																														
Etapa de accion																						■	■	■	■	■	■																					
Etapa de Madurez																																																
Tesis Concluida																																																

Apéndice B. “Planteamiento del problema de balanceo de líneas con programación lineal”.

1. DATOS DE ENTRADA (LINGO):

MODEL:

! Assembly line balancing model;

! This model involves assigning tasks to stations
in an assembly line so bottlenecks are avoided.

Ideally, each station would be assigned an
equal amount of work.;

SETS:

! The set of tasks to be assigned are A through K,
and each task has a time to complete, T;

TASK/ A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S U V W /: T;

! Some predecessor,successor pairings must be
observed(e.g. A must be done before B, B
before C, etc.);

PRED(TASK, TASK)/ A,D D,E B,F C,G F,G E,H G,H H,I I,J J,K K,L L,M
M,N N,O O,P P,Q Q,R R,S S,U U,V V,W /;

! There are 4 workstations;

STATION/1..11/;

TXS(TASK, STATION): X;

! X is the attribute from the derived set TXS
that represents the assignment. $X(I,K) = 1$
if task I is assigned to station K;

ENDSETS

DATA:

! Data taken from Chase and Aquilano, POM;

```

! There is an estimated time required for each
task:
  A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S U V W;
T = 9.52 11.66 14.20 15.16 11.89 18.81 9.42 14.18 9.11 15.22 11.01
12.38
  16.87 17.89 8.10 33.11 22.90 8.02 7.73 10.34 15.04 5.35;
ENDDATA

```

```

! The model;
! *Warning* may be slow for more than 15 tasks;

```

```

! For each task, there must be one assigned
station;
@FOR( TASK( I): @SUM( STATION( K): X( I, K) = 1);

```

```

! Precedence constraints;
! For each precedence pair, the predecessor task
I cannot be assigned to a later station than its
successor task J;
@FOR( PRED( I, J):
@SUM( STATION( K):
K * X( J, K) - K * X( I, K) >= 0);

```

```

! For each station, the total time for the
assigned tasks must be less than the maximum
cycle time, CYCTIME;
@FOR( STATION( K):
@SUM( TXS( I, K): T( I) * X( I, K) <= CYCTIME);

```

```

! Minimize the maximum cycle time;
MIN = CYCTIME;

```


! The X(I,J) assignment variables are
binary integers;
@FOR(TXS: @BIN(X));
END

2. RESULTADOS:

SOLUTION REPORT

*
* LINDO API Version 5.0.1.317 built on Oct 16 2008 20:50:50
* Barrier Solver Version 5.0.0.093, Nonlinear Solver Version 3.14R
*
* Copyright (c) 2008 by LINDO Systems, Inc. Licensed material,
* all rights reserved. Copying except as authorized in license
* agreement is prohibited.
* -----
*
* PROBLEM NAME NO_TITLE
*
* MILP GLOBAL OPTIMUM FOUND
*
* ITERATIONS BY SIMPLEX METHOD = 96007
* ITERATIONS BY BARRIER METHOD = 0
* ITERATIONS BY NLP METHOD = 0
* TOTAL BRANCHES CREATED = 608
* TOTAL NUMBER OF LPs SOLVED = 3113
* NUMBER OF CONTRA CUTS = 1
* NUMBER OF OBJECTIVE CUTS = 0
* NUMBER OF GUB CUTS = 32
* NUMBER OF LIFTING CUTS = 6

* NUMBER OF FLOW COVER CUTS = 0
 * NUMBER OF GOMORY CUTS = 3
 * NUMBER OF GCD CUTS = 0
 * NUMBER OF CLIQUE CUTS = 101
 * NUMBER OF DISAGGREGATION CUTS = 2
 * NUMBER OF PLANT LOCATION CUTS = 0
 * NUMBER OF LATTICE CUTS = 0
 * NUMBER OF COEFF. REDUCTION CUTS = 5
 * TOTAL NUMBER OF CUTS GENERATED = 150

*

* OBJECTIVE FUNCTION VALUE

*

* 1) 33.11000000

*

* VARIABLES	VALUE	REDUCED COST
CYCTIME	33.11000000	0.00000000
X(A,1	0.00000000	0.00000000
X(A,2	0.00000000	0.00000000
X(A,3	0.00000000	0.00000000
X(A,4	1.00000000	0.00000000
X(A,5	0.00000000	0.00000000
X(A,6	0.00000000	0.00000000
X(A,7	0.00000000	0.00000000
X(A,8	0.00000000	0.00000000
X(A,9	0.00000000	0.00000000
X(A,10	0.00000000	0.00000000
X(A,11	0.00000000	0.00000000
X(B,1	1.00000000	0.00000000
X(B,2	0.00000000	0.00000000
X(B,3	0.00000000	0.00000000

X(B,4	0.000000000	0.000000000
X(B,5	0.000000000	0.000000000
X(B,6	0.000000000	0.000000000
X(B,7	0.000000000	0.000000000
X(B,8	0.000000000	0.000000000
X(B,9	0.000000000	0.000000000
X(B,10	0.000000000	0.000000000
X(B,11	0.000000000	0.000000000
X(C,1	0.000000000	0.000000000
X(C,2	0.000000000	0.000000000
X(C,3	1.000000000	0.000000000
X(C,4	0.000000000	0.000000000
X(C,5	0.000000000	0.000000000
X(C,6	0.000000000	0.000000000
X(C,7	0.000000000	0.000000000
X(C,8	0.000000000	0.000000000
X(C,9	0.000000000	0.000000000
X(C,10	0.000000000	0.000000000
X(C,11	0.000000000	0.000000000
X(D,1	1.000000000	0.000000000
X(D,2	0.000000000	0.000000000
X(D,3	0.000000000	0.000000000
X(D,4	0.000000000	0.000000000
X(D,5	0.000000000	0.000000000
X(D,6	0.000000000	0.000000000
X(D,7	0.000000000	0.000000000
X(D,8	0.000000000	0.000000000
X(D,9	0.000000000	0.000000000
X(D,10	0.000000000	0.000000000
X(D,11	0.000000000	0.000000000
X(E,1	0.000000000	0.000000000

X(E,2)	1.000000000	0.000000000
X(E,3)	0.000000000	0.000000000
X(E,4)	0.000000000	0.000000000
X(E,5)	0.000000000	0.000000000
X(E,6)	0.000000000	0.000000000
X(E,7)	0.000000000	0.000000000
X(E,8)	0.000000000	0.000000000
X(E,9)	0.000000000	0.000000000
X(E,10)	0.000000000	0.000000000
X(E,11)	0.000000000	0.000000000
X(F,1)	0.000000000	0.000000000
X(F,2)	1.000000000	0.000000000
X(F,3)	0.000000000	0.000000000
X(F,4)	0.000000000	0.000000000
X(F,5)	0.000000000	0.000000000
X(F,6)	0.000000000	0.000000000
X(F,7)	0.000000000	0.000000000
X(F,8)	0.000000000	0.000000000
X(F,9)	0.000000000	0.000000000
X(F,10)	0.000000000	0.000000000
X(F,11)	0.000000000	0.000000000
X(G,1)	0.000000000	0.000000000
X(G,2)	0.000000000	0.000000000
X(G,3)	1.000000000	0.000000000
X(G,4)	0.000000000	0.000000000
X(G,5)	0.000000000	0.000000000
X(G,6)	0.000000000	0.000000000
X(G,7)	0.000000000	0.000000000
X(G,8)	0.000000000	0.000000000
X(G,9)	0.000000000	0.000000000
X(G,10)	0.000000000	0.000000000

X(G,11	0.000000000	0.000000000
X(H,1	0.000000000	0.000000000
X(H,2	0.000000000	0.000000000
X(H,3	0.000000000	0.000000000
X(H,4	1.000000000	0.000000000
X(H,5	0.000000000	0.000000000
X(H,6	0.000000000	0.000000000
X(H,7	0.000000000	0.000000000
X(H,8	0.000000000	0.000000000
X(H,9	0.000000000	0.000000000
X(H,10	0.000000000	0.000000000
X(H,11	0.000000000	0.000000000
X(I,1	0.000000000	0.000000000
X(I,2	0.000000000	0.000000000
X(I,3	0.000000000	0.000000000
X(I,4	1.000000000	0.000000000
X(I,5	0.000000000	0.000000000
X(I,6	0.000000000	0.000000000
X(I,7	0.000000000	0.000000000
X(I,8	0.000000000	0.000000000
X(I,9	0.000000000	0.000000000
X(I,10	0.000000000	0.000000000
X(I,11	0.000000000	0.000000000
X(J,1	0.000000000	0.000000000
X(J,2	0.000000000	0.000000000
X(J,3	0.000000000	0.000000000
X(J,4	0.000000000	0.000000000
X(J,5	1.000000000	0.000000000
X(J,6	0.000000000	0.000000000
X(J,7	0.000000000	0.000000000
X(J,8	0.000000000	0.000000000

X(J,9)	0.000000000	0.000000000
X(J,10)	0.000000000	0.000000000
X(J,11)	0.000000000	0.000000000
X(K,1)	0.000000000	0.000000000
X(K,2)	0.000000000	0.000000000
X(K,3)	0.000000000	0.000000000
X(K,4)	0.000000000	0.000000000
X(K,5)	1.000000000	0.000000000
X(K,6)	0.000000000	0.000000000
X(K,7)	0.000000000	0.000000000
X(K,8)	0.000000000	0.000000000
X(K,9)	0.000000000	0.000000000
X(K,10)	0.000000000	0.000000000
X(K,11)	0.000000000	0.000000000
X(L,1)	0.000000000	0.000000000
X(L,2)	0.000000000	0.000000000
X(L,3)	0.000000000	0.000000000
X(L,4)	0.000000000	0.000000000
X(L,5)	0.000000000	0.000000000
X(L,6)	1.000000000	0.000000000
X(L,7)	0.000000000	0.000000000
X(L,8)	0.000000000	0.000000000
X(L,9)	0.000000000	0.000000000
X(L,10)	0.000000000	0.000000000
X(L,11)	0.000000000	0.000000000
X(M,1)	0.000000000	0.000000000
X(M,2)	0.000000000	0.000000000
X(M,3)	0.000000000	0.000000000
X(M,4)	0.000000000	0.000000000
X(M,5)	0.000000000	0.000000000
X(M,6)	1.000000000	0.000000000

X(M,7	0.000000000	0.000000000
X(M,8	0.000000000	0.000000000
X(M,9	0.000000000	0.000000000
X(M,10	0.000000000	0.000000000
X(M,11	0.000000000	0.000000000
X(N,1	0.000000000	0.000000000
X(N,2	0.000000000	0.000000000
X(N,3	0.000000000	0.000000000
X(N,4	0.000000000	0.000000000
X(N,5	0.000000000	0.000000000
X(N,6	0.000000000	0.000000000
X(N,7	1.000000000	0.000000000
X(N,8	0.000000000	0.000000000
X(N,9	0.000000000	0.000000000
X(N,10	0.000000000	0.000000000
X(N,11	0.000000000	0.000000000
X(O,1	0.000000000	0.000000000
X(O,2	0.000000000	0.000000000
X(O,3	0.000000000	0.000000000
X(O,4	0.000000000	0.000000000
X(O,5	0.000000000	0.000000000
X(O,6	0.000000000	0.000000000
X(O,7	1.000000000	0.000000000
X(O,8	0.000000000	0.000000000
X(O,9	0.000000000	0.000000000
X(O,10	0.000000000	0.000000000
X(O,11	0.000000000	0.000000000
X(P,1	0.000000000	0.000000000
X(P,2	0.000000000	0.000000000
X(P,3	0.000000000	0.000000000
X(P,4	0.000000000	0.000000000

X(P,5)	0.000000000	0.000000000
X(P,6)	0.000000000	0.000000000
X(P,7)	0.000000000	0.000000000
X(P,8)	1.000000000	0.000000000
X(P,9)	0.000000000	0.000000000
X(P,10)	0.000000000	0.000000000
X(P,11)	0.000000000	0.000000000
X(Q,1)	0.000000000	0.000000000
X(Q,2)	0.000000000	0.000000000
X(Q,3)	0.000000000	0.000000000
X(Q,4)	0.000000000	0.000000000
X(Q,5)	0.000000000	0.000000000
X(Q,6)	0.000000000	0.000000000
X(Q,7)	0.000000000	0.000000000
X(Q,8)	0.000000000	0.000000000
X(Q,9)	1.000000000	0.000000000
X(Q,10)	0.000000000	0.000000000
X(Q,11)	0.000000000	0.000000000
X(R,1)	0.000000000	0.000000000
X(R,2)	0.000000000	0.000000000
X(R,3)	0.000000000	0.000000000
X(R,4)	0.000000000	0.000000000
X(R,5)	0.000000000	0.000000000
X(R,6)	0.000000000	0.000000000
X(R,7)	0.000000000	0.000000000
X(R,8)	0.000000000	0.000000000
X(R,9)	1.000000000	0.000000000
X(R,10)	0.000000000	0.000000000
X(R,11)	0.000000000	0.000000000
X(S,1)	0.000000000	0.000000000
X(S,2)	0.000000000	0.000000000

X(S,3)	0.000000000	0.000000000
X(S,4)	0.000000000	0.000000000
X(S,5)	0.000000000	0.000000000
X(S,6)	0.000000000	0.000000000
X(S,7)	0.000000000	0.000000000
X(S,8)	0.000000000	0.000000000
X(S,9)	0.000000000	0.000000000
X(S,10)	1.000000000	0.000000000
X(S,11)	0.000000000	0.000000000
X(U,1)	0.000000000	0.000000000
X(U,2)	0.000000000	0.000000000
X(U,3)	0.000000000	0.000000000
X(U,4)	0.000000000	0.000000000
X(U,5)	0.000000000	0.000000000
X(U,6)	0.000000000	0.000000000
X(U,7)	0.000000000	0.000000000
X(U,8)	0.000000000	0.000000000
X(U,9)	0.000000000	0.000000000
X(U,10)	1.000000000	0.000000000
X(U,11)	0.000000000	0.000000000
X(V,1)	0.000000000	0.000000000
X(V,2)	0.000000000	0.000000000
X(V,3)	0.000000000	0.000000000
X(V,4)	0.000000000	0.000000000
X(V,5)	0.000000000	0.000000000
X(V,6)	0.000000000	0.000000000
X(V,7)	0.000000000	0.000000000
X(V,8)	0.000000000	0.000000000
X(V,9)	0.000000000	0.000000000
X(V,10)	1.000000000	0.000000000
X(V,11)	0.000000000	0.000000000

X(W,1	0.000000000	0.000000000
X(W,2	0.000000000	0.000000000
X(W,3	0.000000000	0.000000000
X(W,4	0.000000000	0.000000000
X(W,5	0.000000000	0.000000000
X(W,6	0.000000000	0.000000000
X(W,7	0.000000000	0.000000000
X(W,8	0.000000000	0.000000000
X(W,9	0.000000000	0.000000000
X(W,10	0.000000000	0.000000000
X(W,11	1.000000000	0.000000000