



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Informática

Construcción de una estrategia integral de actualización profesional de los asociados basada en la incorporación de microlearning, en el Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Grado de

Doctor en Innovación en Tecnología Educativa

Presenta

José Pérez Naranjo

Dirigido por:

Dra. Emma Patricia Mercado López

Querétaro, Qro. a 12 de junio de 2026

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática
Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa

Construcción de una estrategia integral de actualización profesional de los asociados basada en la incorporación de microlearning, en el Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado
Doctor en Innovación en Tecnología Educativa

Presenta

José Pérez Naranjo

Dirigido por:

Dra. Emma Patricia Mercado López

Dra. Emma Patricia Mercado López
Presidente

Dr. Alexandro Escudero Nahón
Secretario

Dra. Rosalba Palacios Díaz
Vocal

Dr. Juan Salvador Hernández Valerio
Suplente

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Junio de 2026

Dedicatoria

A mi esposa Clara Rosalva, por su amor incondicional y su paciencia, que me sostuvieron en cada etapa de este camino.

A mis hijos, Óscar Armando, Rosendo, Elda Guadalupe y Loreley, por ser mi inspiración y mi alegría cotidiana. Este logro es tan suyo como mío.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y a la Universidad Autónoma de Querétaro, por el apoyo económico que me permitió llevar a cabo mis estudios de Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa.

A mi directora de tesis, la Dra. Emma Patricia Mercado López, cuya orientación constante y acompañamiento fueron fundamentales para la elaboración de este trabajo de investigación.

A los integrantes de mi comité tutorial y profesores del Doctorado, por sus valiosas enseñanzas y la guía brindada a lo largo de este proyecto académico.

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	vii
Resumen	1
Abstract	2
Capítulo 1. Introducción	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación.....	5
1.2.1. Relevancia de la investigación.....	5
1.2.2. Beneficios para los Ingenieros Civiles.....	6
1.2.3. Contribución al conocimiento existente.....	7
1.3. Preguntas de investigación	7
Capítulo 2. Estado del arte	8
Capítulo 3. Fundamentación teórica	12
3.1. Actualización profesional.....	12
3.1.1. Concepto y definición	12
3.1.2. La importancia de la actualización profesional.....	13
3.1.3. Los beneficios de la actualización profesional	15
3.2. Microlearning	16
3.2.1. Definición y características	16
3.2.2. Principios pedagógicos	18
3.2.3. Aplicaciones en diferentes contextos.....	20
3.3. El constructivismo.....	21
3.3.1. Origen y definición	21
3.3.2. Relación entre constructivismo y microlearning	23
3.4. El Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.	25
Capítulo 4. Objetivos.....	27
4.1. Objetivo general	27

4.2. Objetivos específicos.....	27
4.3. Alineación entre objetivo general, objetivos específicos, indicadores e instrumentos	28
Capítulo 5. Metodología.....	29
5.1. Enfoque de la investigación	29
5.2. Diseño de la investigación.....	30
5.3. Población y muestra	31
5.4. Técnicas de muestreo	31
5.5. Técnicas de recolección de datos	32
5.5.1. Técnicas cualitativas	32
5.5.2. Técnicas cuantitativas	33
5.5.3. Técnicas mixtas.....	33
5.5.4. Ciclo de mejora continua	33
5.6. Diseño de instrumentos	35
5.6.1. Entrevista para determinar la necesidad de cursos	38
5.6.2. Catálogo de cursos del Colegio de Ingenieros Civiles de México.....	38
5.6.3. Encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional	39
5.6.4. Prueba de conocimiento pre–post	42
5.6.5. Microevaluaciones por módulo (quizz ≤ 5 ítems)	49
5.6.6. Rúbrica de tarea auténtica (transferencia).....	51
5.6.7. Listas de verificación in situ	51
5.6.8. Cuestionario de evaluación del programa de microlearning.....	52
5.6.9. Guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML.....	54
5.6.10. Guía de clínica de casos. Comunidad de práctica	56
5.6.11. Guía de entrevista semiestructurada para el profesor que empleó microlearning.....	57
5.6.12. Plan de mejora continua.....	59
5.6.13. Plan de validez, confiabilidad y calidad de los instrumentos	59
5.7. Marco muestral, criterios de inclusión/exclusión y tasas de respuesta	60
5.7.1. Marco muestral	60
5.7.2. Criterios de inclusión y exclusión (cuantitativo)	60

5.7.3. Tasas de respuesta (cuantitativo)	61
5.7.4. Criterios de inclusión/exclusión (cualitativo) y saturación	61
5.7.5. Criterio de saturación y evidencia.....	62
5.8. Integración y diseño mixto de la investigación	63
5.9. Matriz de metainferencia DITRIAC	64
Capítulo 6. Resultados	67
6.1. Resultados de la entrevista para determinar si se necesitan cursos	67
6.2. Determinación de áreas prioritarias de actualización profesional	72
6.2.1. Matriz DITRIAC determinar las áreas de actualización profesional	75
6.3. Resultados de la encuesta de necesidades de actualización profesional	75
6.4. Resultados de las pruebas pre y post	80
6.5. Resultados de microevaluaciones por módulo	88
6.6. Resultados del cuestionario de evaluación del programa de ML	92
6.6.1. Comparación intergrupal (jóvenes vs. mayores).....	96
6.7. Resultados de la entrevista sobre la experiencia con ML	98
6.8. Resultados de la entrevista a profesores sobre la implementación de ML.....	105
6.9. Resultados integrados.....	111
Capítulo 7. Discusión.....	113
7.1. El ML como herramienta eficaz con límites contextuales	113
7.2. La paradoja central	115
7.2.1. Análisis de credibilidad y confianza en este hallazgo.....	116
7.3. Hacia un ecosistema híbrido	118
7.4. Limitaciones	119
7.5. Recomendaciones.....	121
7.5.1. Para la práctica profesional	121
7.5.2. Para la política institucional.....	121
7.5.3. Para futuras investigaciones.....	122
7.6. Conclusiones y aportaciones	123
7.6.1. Diferenciación institucional y contribución original del modelo ML-CICC	123
Referencias	128
Anexos	140

Guía de entrevista para determinar si se necesitan cursos. Anexo A1	140
Cursos que se imparten en el Colegio de Ingenieros Civiles de México. Anexo A2.....	141
Encuesta de necesidades de actualización profesional. Anexo A3	146
Prueba de conocimiento pre y post. Anexo A4	157
Microevaluaciones por módulo. Anexo A5	169
Rúbricas de tarea auténtica. Anexo A6	177
Listas de verificación <i>In Situ</i> por módulo. Anexo A7	180
Cuestionario de evaluación del programa de ML. Anexo A8	185
Guía de entrevista sobre la experiencia con ML. Anexo A9	192
Guía de clínica de casos. Anexo A10.....	196
Guía de entrevista para el profesor de ML. Anexo A11	205
Matriz de cambios y justificación (ciclo PDCA). Anexo A12.....	208
Matriz DITRIAC para determinar las áreas de actualización profesional. Anexo A13..	212

Índice de figuras

Figura 1 Características del Microlearning.....	18
Figura 2 Relación entre Constructivismo y Microlearning.....	25
Figura 3 Ciclo de mejora continua (Círculo de Deming).....	34
Figura 4 Diseño de enfoque mixto secuencial explicativo.....	644
Figura 5 Percepción respecto a la necesidad de actualización normativa.....	777
Figura 6 Resultados de aprendizaje por eje temático en las pruebas PRE/POST.....	82
Figura 7 Distribución por niveles de logros (POST, n = 30).....	866
Figura 8 Resultados de microevaluaciones por módulo (quiz ≤5 ítems).....	92
Figura 9 Evaluación de satisfacción del programa ML (Promedio por dimensión).....	955
Figura 10 Comparación intergrupar etaria.....	977
Figura 11 Frecuencia de respuestas por categoría axial con ML.....	105
5	
Figura 12 Frecuencia de las respuestas de los profesores por categoría axial.....	110
10	

Índice de tablas

Tabla 1 Alineación entre objetivo general, objetivos específicos, indicadores e instrumentos	28
Tabla 2 Alineación de instrumentos, objetivos e indicadores	35
Tabla 3 Descripción de la muestra de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional	40
Tabla 4 Resultados (promedios por eje) de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional	41
Tabla 5 Resultados del cálculo de confiabilidad (α de Cronbach) de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional	41
Tabla 6 Resumen de resultados y de confiabilidad de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional	42
Tabla 7 Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Normatividad	43
Tabla 8 Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Gestión y proyectos	444
Tabla 9 Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Sustentabilidad y desarrollo ambiental	444
Tabla 10 Descripción de la muestra de la prueba de conocimiento pre y post	477
Tabla 11 Resultados (promedios por eje) de la prueba de conocimiento pre y post	477
Tabla 12 Resultados (promedios por eje) de la prueba de conocimiento pre y post	488
Tabla 13 Resumen de la prueba de conocimiento pre y post	488
Tabla 14 Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de normatividad.....	499
Tabla 15 Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de normatividad	499

Tabla 16 Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de gestión de proyectos	5050
Tabla 17 Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de gestión de proyectos	5051
Tabla 18 Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de sustentabilidad y desarrollo ambiental	5050
Tabla 19 Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de sustentabilidad y desarrollo ambiental	5050
Tabla 20 Perfil general de la muestra del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML	533
Tabla 21 Resumen de los resultados por dimensión del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML	533
Tabla 22 Resumen de los resultados de la calificación general de los módulos del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML	544
Tabla 23 Perfil general de la muestra del piloto de la guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML	555
Tabla 24 Resumen de los resultados por dimensión del piloto de la guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML	555
Tabla 25 Satisfacción general del piloto de la guía de entrevista sobre la experiencia con ML	566
Tabla 26 Perfil general de la muestra de la guía de entrevista semiestructurada para el profesor de ML	577
Tabla 27 Resumen de los resultados por dimensión de la guía de entrevista semiestructurada para el profesor de ML	588
Tabla 28 Resumen de la calificación del programa por los profesores que emplearon ML	588
Tabla 29 Matriz de Metainferencia DITRIAC del estudio	655
Tabla 30 Resultados de la entrevista para determinar si se necesitan cursos de actualización profesional en el CICC	699
Tabla 31 Percepción respecto a la necesidad de actualización normativa	766
Tabla 32 Área de mayor interés en Sustentabilidad y desarrollo ambiental	777
Tabla 33 Competencias de Gestión de proyectos y coordinación	788
Tabla 34 Diagnóstico de competencia digital	799
Tabla 35 Preferencias formativas de actualización profesional	799
Tabla 36 Correlaciones relevantes sobre necesidades de actualización profesional	80
Tabla 37 Perfil académico de la muestra (n = 30) de las pruebas PRE/POST	81
Tabla 38 Desempeño PRE/POST por eje (escala 0–10)	81
Tabla 39 Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 1	833
Tabla 40 Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 2	833
Tabla 41 Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 3	844
Tabla 42 Distribución por niveles de logros (POST, n = 30)	855
Tabla 43 Resultados de las Pruebas t Pareadas Pre/Post (n=30)	866
Tabla 44 Perfil académico de la muestra (n = 30) para microevaluaciones	888
Tabla 45 Resultados del desempeño en el Módulo 1 (escala 0–5)	888
Tabla 46 Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 1)	899

Tabla 47 Resultados del desempeño en el Módulo 2 (escala 0–5).....	899
Tabla 48 Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 2)	9090
Tabla 49 Resultados del desempeño en el Módulo 3 (escala 0–5).....	90
Tabla 50 Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 3)	91
Tabla 51 Perfil académico de la muestra (n = 30) para evaluación del programa ML ..	933
Tabla 52 Resultados por dimensión de la evaluación del programa ML	933
Tabla 53 Resultados de la calificación global del programa ML	966
Tabla 54 Resultados del análisis comparativo entre grupos etarios	977
Tabla 55 Codificación de la entrevista sobre la experiencia con ML	988
Tabla 56 Matriz de frecuencia de las respuestas sobre la experiencia con ML	103
Tabla 57 Resumen de respuestas de los profesores sobre el programa con ML	1077
Tabla 58 Codificación de las respuestas de los profesores sobre el programa con ML	1088
Tabla 59 Matriz de Frecuencia de las respuestas de los profesores por Categoría	1099
Tabla 60 Contexto institucional comparativo	1266
Tabla 61 Contribución académica y valor agregado	1266

Resumen

Esta tesis doctoral diseña, implementa y evalúa una estrategia integral de actualización profesional basada en microlearning para los asociados del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C. La propuesta responde a una brecha formativa identificada en un gremio con alta edad promedio, exigencias laborales intensivas y una oferta tradicional de capacitación insuficiente ante los vertiginosos cambios tecnológicos y normativos del sector. Mediante un enfoque mixto de investigación-acción participativa, sustentado en el modelo de mejora continua y en principios del aprendizaje adulto, se desarrolló un sistema microcurricular articulado en tres ejes prioritarios. Los contenidos fueron implementados en cápsulas digitales de hasta cinco minutos, evaluadas mediante encuestas de reacción, pruebas pre-post y rúbricas de transferencia aplicadas en obra. Los resultados evidencian una efectividad pedagógica significativa, con mejoras pre/post de gran magnitud ($p < .001$; $d = 2.16-2.57$), altos niveles de satisfacción ($M = 4.6/5$) y evidencia cualitativa de aplicabilidad contextual, especialmente en el eje de sustentabilidad vinculado a problemáticas locales de Cancún. No obstante, la triangulación de datos revela una paradoja generacional: mientras los ingenieros jóvenes valoraron la autonomía y flexibilidad del microlearning, los mayores de 55 años requirieron acompañamiento sostenido, lo que expone la tensión entre brevedad y profundidad, y la necesidad de incorporar tutoría y espacios sincrónicos para abordar casos complejos. Asimismo, se identificaron desafíos de sostenibilidad en la producción de contenidos y limitaciones metodológicas inherentes al diseño cuasiexperimental sin grupo control. La principal contribución del modelo Microlearning-Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún, radica en su carácter contextualizado, empíricamente validado y metodológicamente innovador, ofreciendo un paradigma replicable para colegios profesionales del sureste mexicano que buscan integrar tecnologías educativas con pertinencia regional, mejora continua y enfoque andragógico.

Palabras clave: actualización profesional, educación continua, ingeniería civil, investigación-acción, microlearning.

Abstract

This doctoral dissertation designs, implements, and evaluates a comprehensive professional development strategy based on microlearning for members of the Cancún Association of Civil Engineers (Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.). The proposal addresses a training gap identified within a professional association characterized by an older average age, demanding work requirements, and a traditional training program that is insufficient in the face of rapid technological and regulatory changes in the sector. Using a mixed-methods participatory action research approach, grounded in the continuous improvement model and principles of adult learning, a microcurricular system was developed around three priority areas. The content was delivered in digital modules of up to five minutes, evaluated through reaction surveys, pre- and post-tests, and on-site application rubrics. The results demonstrate significant pedagogical effectiveness, with substantial pre-post improvements ($p < .001$; $d = 2.16\text{--}2.57$), high levels of satisfaction ($M = 4.6/5$), and qualitative evidence of contextual applicability, particularly in the sustainability area linked to local issues in Cancún. However, data triangulation reveals a generational paradox: while young engineers valued the autonomy and flexibility of microlearning, those over 55 required sustained support, highlighting the tension between brevity and depth, and the need to incorporate mentoring and synchronous sessions to address complex cases. Likewise, sustainability challenges in content production and methodological limitations inherent to the quasi-experimental design without a control group were identified. The main contribution of the Cancún Civil Engineers Association Microlearning model lies in its contextualized, empirically validated, and methodologically innovative nature, offering a replicable paradigm for professional associations in southeastern Mexico seeking to integrate educational technologies with regional relevance, continuous improvement, and an andragogical approach.

Keywords: professional development, continuing education, civil engineering, action research, microlearning.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La ingeniería civil cambia a un ritmo cada vez más rápido. Nuevos reglamentos de construcción, materiales con mejor desempeño, normativas ambientales más estrictas y formas distintas de gestionar proyectos colocan al Ingeniero Civil (IC) frente a un escenario donde el conocimiento avanza con rapidez.

En estas condiciones, la actualización profesional se convierte en condición mínima para ejercer con responsabilidad técnica y ética en un entorno laboral inestable y, a ratos, implacable.

Los métodos tradicionales de formación continua han cumplido un papel importante en la trayectoria de los IC: cursos presenciales extensos, diplomados de fin de semana, conferencias magistrales en auditorios llenos y con presentaciones densas.

Ese modelo, sin embargo, muestra desgastes evidentes cuando se contrasta con las exigencias actuales. La formación de un ingeniero civil ya no puede limitarse al dominio de contenidos técnicos especializados; requiere también habilidades de comunicación con clientes, autoridades y comunidades, competencias comerciales para sostener y negociar proyectos, así como una disposición real al aprendizaje continuo, casi cotidiano.

El microlearning (ML) se ha definido como una estrategia de aprendizaje basada en la fragmentación de los contenidos en módulos breves (≤ 10 min), diseñados para facilitar la asimilación del conocimiento de manera flexible y ajustada a las necesidades concretas de quien aprende (Betancur-Chicué & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2023; Salinas & Marín, 2015).

Este enfoque se ha utilizado para el desarrollo profesional y ha mostrado ser especialmente útil para adquirir habilidades digitales y habilidades blandas conectadas con

los desafíos del siglo XXI, entre ellas la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas en contextos reales de trabajo (Mekacher, 2021).

En esta investigación se plantea superar las limitaciones de los métodos tradicionales mediante una estrategia articulada de actualización profesional basada en ML dirigida a los miembros del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C. (CICC).

La intención es que los IC puedan adquirir y mantener vigentes las competencias que exige un mercado laboral cada vez más competitivo y exigente, donde un error de cálculo, una interpretación deficiente de la norma o una mala comunicación con un cliente se traducen en retrasos, sobrecostos e incluso riesgos para la seguridad.

El diagnóstico que ofrecen diversas publicaciones señala que los métodos tradicionales se adaptan con dificultad al ritmo de cambio de la industria. Con relativa frecuencia mantienen cursos básicos obsoletos y dejan fuera contenidos complementarios que evolucionan con rapidez y resultan decisivos para la práctica actual de la ingeniería civil.

Este tipo de oferta formativa prepara de manera incompleta a los IC frente a los retos del siglo XXI, con vacíos claros en liderazgo, comunicación efectiva, gestión de proyectos y actualización de conocimiento técnico necesario para responder a demandas complejas de infraestructura (Hains & O'Connor, 2018).

Otra línea de crítica apunta a la estructura misma de la capacitación tradicional. Se ha descrito como ineficiente, lenta, centrada en la lógica del empleador y con poca flexibilidad para ajustarse al tiempo disponible de los profesionales, lo que dificulta responder al ritmo del cambio tecnológico (Muench, 2006).

A ello se suma la integración limitada de tecnologías educativas, el uso esporádico de recursos digitales y la ausencia de enfoques sistemáticos para diseñar la formación. El resultado es una oferta que a menudo no logra enganchar al ingeniero ni modificar de forma consistente su desempeño.

En este contexto, el problema central que aborda la tesis se puede enunciar con claridad: la formación continua disponible para los IC del CICC no responde de manera suficiente a las necesidades actuales de actualización técnica y de desarrollo de habilidades transversales, y requiere ser rediseñada con base en principios de ML que permitan un aprendizaje más ágil, pertinente y transferible al ejercicio profesional.

1.2. Justificación

1.2.1. Relevancia de la investigación

La pertinencia de esta investigación se sostiene en una necesidad muy concreta: ofrecer a los IC herramientas y recursos que les permitan adaptarse con eficacia a los cambios constantes de su campo profesional, sin tener que detener su práctica para hacerlo.

El ejercicio cotidiano en Cancún y la región; proyectos de vivienda, hotelería, infraestructura urbana en entornos costeros frágiles, exige decisiones técnicas rápidas, alineadas con normas actualizadas y con expectativas sociales y ambientales cada vez más visibles. Un esquema de actualización lenta o desconectada de estas realidades deja al profesional en desventaja.

El estudio busca también reforzar el papel del CICC como espacio organizado de desarrollo profesional. Un colegio profesional que solo emite constancias de participación en cursos aislados reduce su influencia; en cambio, uno que diseña y sostiene una estrategia de actualización con lógica clara y evidencias de impacto se posiciona como referente de calidad técnica en su región.

Los resultados de esta tesis aspiran a aportar insumos para esa transición: de catalogar cursos a construir trayectorias formativas.

Se espera que el modelo resultante pueda adaptarse a otros colegios profesionales, siempre con ajustes a las condiciones específicas de cada contexto. La propuesta no se limita al CICC, aunque parte de su realidad local.

La intención es que esta experiencia contribuya al fortalecimiento del desarrollo profesional continuo de los IC en México y sirva como referencia en otros entornos donde se comparten retos similares de urbanización acelerada, presión turística, vulnerabilidad climática y marcos normativos en evolución.

El proyecto se inscribe así en un problema actual de la ingeniería civil: cómo organizar la actualización profesional en un proceso de aprendizaje permanente alineado con las necesidades del ejercicio profesional y con los objetivos del propio colegio.

La tesis se orienta a ofrecer una solución concreta a esta cuestión en el contexto del CICC.

1.2.2. Beneficios para los Ingenieros Civiles

La estrategia basada en ML propuesta en esta investigación se espera que genere beneficios específicos para los IC colegiados. En primer lugar, busca consolidar una actitud de educación continua como parte de la identidad profesional, no como una obligación eventual.

De igual forma, pretende fortalecer habilidades digitales necesarias para desenvolverse en plataformas de aprendizaje, gestión de proyectos y comunicación técnica.

Otro beneficio previsto es el mantenimiento de la vigencia laboral, al facilitar el acceso a contenidos actualizados que respondan a cambios normativos, tecnológicos y de gestión.

Se anticipa también un aumento de la productividad, al reducir tiempos de búsqueda de información y ofrecer materiales breves, claros y disponibles en el momento en que el profesional los necesita.

Estos efectos repercuten directamente en las empresas y organismos donde trabajan los IC, al mejorar la calidad de las decisiones técnicas y la eficiencia en la ejecución de proyectos.

1.2.3. Contribución al conocimiento existente

La investigación aporta al campo de la educación continua y del desarrollo profesional, con especial énfasis en la ingeniería civil, al proponer y documentar una estrategia de implementación de ML ajustada a las necesidades reales de los IC colegiados.

La propuesta organiza la experiencia formativa en torno a competencias, criterios de evaluación y ciclos de mejora.

El estudio muestra cómo el ML puede contribuir a mejorar tanto competencias técnicas; por ejemplo, interpretación de nuevas normas, criterios de diseño, procedimientos constructivos, como habilidades blandas asociadas a la práctica profesional, entre ellas la comunicación con actores no técnicos, la gestión de proyectos y la toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

En la medida en que los IC acceden a contenidos actualizados, aplicables y flexibles, se espera un incremento en su productividad y eficiencia, medido en términos de desempeño y no solo de satisfacción subjetiva.

Otro aporte se ubica en el diseño de experiencias de aprendizaje orientadas a personas adultas que ya se encuentran insertas en el mercado laboral.

La investigación explora cómo alinear la estructura del ML con las motivaciones, tiempos y restricciones de los IC, y analiza la integración de herramientas tecnológicas que faciliten tanto el acceso al contenido como el seguimiento del avance, sin abrumar con plataformas excesivamente complejas.

Esta combinación de diseño pedagógico y selección tecnológica se documenta con detalle para que pueda ser replicada o ajustada por otras organizaciones profesionales.

1.3. Preguntas de investigación

La pregunta principal que guía este trabajo es:

- ¿Qué características debe tener una estrategia de actualización profesional basada en ML para resultar efectiva en el contexto del CICC?

De esta pregunta derivan las siguientes preguntas específicas:

- ¿En qué áreas concretas requieren actualización los IC colegiados en el CICC?
- ¿Qué contenidos, duraciones y frecuencias de los cursos resultan más adecuados para su realidad profesional y su disponibilidad de tiempo?
- ¿Cómo se medirá la efectividad del aprendizaje, más allá de la mera asistencia o la satisfacción inmediata?
- ¿De qué manera se ajustará el proceso de enseñanza y diseño instruccional para mejorar la experiencia formativa y la satisfacción de los IC, a partir de la evidencia recogida?

El capítulo se cierra con una decisión clara: esta tesis asume el reto de diseñar, implementar y analizar una estrategia de ML para el CICC, con la expectativa de que sus resultados orienten cambios concretos en la forma en que se entiende y se organiza la actualización profesional de los IC.

Capítulo 2. Estado del arte

En la última década, el ML ha dejado de ser un recurso experimental para ocupar un lugar estable en el diseño instruccional del desarrollo profesional continuo.

Su expansión se apoya en tres fuerzas muy concretas: la omnipresencia de los dispositivos móviles en la vida diaria, la competencia feroz por la atención de las personas adultas y la expectativa de contar con experiencias de aprendizaje “justo a tiempo”, en el momento exacto en que surge la necesidad de resolver un problema en el trabajo.

La producción científica refleja con claridad este giro. Un análisis bibliométrico reciente documenta un crecimiento exponencial de publicaciones sobre ML y una diversificación sostenida de los contextos donde se aplica, desde entornos corporativos hasta

escenarios clínicos y educativos, lo que apunta a su consolidación como campo de estudio dentro de la tecnología educativa y del diseño instruccional (Sankaranarayanan et al., 2023).

Se trata de un terreno de investigación que acumula masa crítica y empieza a exigir definiciones teóricas más finas.

Sobre este sustrato empírico han surgido trabajos de corte conceptual y aplicado que describen al ML como un vehículo eficaz para la gestión del conocimiento y la capacitación por competencias en el trabajo.

Estos estudios coinciden en algunos rasgos operativos: secuencias breves, personalizadas, fuertemente ligadas a la práctica real y diseñadas para insertarse en la jornada laboral sin interrumpirla por completo (Emerson & Berge, 2018).

Un ejemplo recurrente es el de las “cápsulas” que acompañan la ejecución de tareas concretas, donde el contenido se consume en minutos, pero se apoya en una estructura de competencias claramente definida.

Los resultados empíricos han ido en la misma dirección. La evidencia acumulada muestra efectos positivos en rendimiento, motivación y autorregulación del aprendizaje cuando el ML se implementa mediante dispositivos móviles (Nikou & Economides, 2018).

En el caso de profesionales de la salud, se ha documentado un impacto favorable en el aumento del conocimiento, en la seguridad para ejecutar procedimientos y en la retención de información relevante para la práctica clínica (De Gagne et al., 2019). Revisar una guía breve o un microvideo antes de entrar a quirófano o de realizar un procedimiento técnico reduce la incertidumbre y ordena mentalmente los pasos críticos.

Las revisiones especializadas añaden otra pieza: el ML puede contribuir a mejorar la retención y el desempeño laboral al modular la carga cognitiva y organizar ciclos cortos de práctica y refuerzo (Shail, 2019).

La fragmentación deliberada del contenido se presenta como una estrategia para que el profesional procese información manejable, la ponga a prueba, reciba retroalimentación rápida y vuelva a intentarlo. En profesiones sometidas a cambios normativos y tecnológicos continuos, ese ritmo de ensayo y corrección resulta particularmente útil.

En el terreno del desarrollo profesional continuo (CPD), la literatura reciente señala que el ML incide en quien aprende, y en la manera en que se diseñan las experiencias formativas.

Se ha observado que el trabajo con unidades breves obliga a los formadores a clarificar mejor los objetivos de aprendizaje, afinar la comunicación pedagógica y explicitar los criterios de logro, lo que termina por mejorar la calidad de las intervenciones educativas (Prior et al., 2020). El formato comprimido no admite objetivos vagos: obliga a decidir qué se quiere que el profesional pueda hacer al terminar cada microsegmento.

Este panorama no está exento de tensiones. Las revisiones sistemáticas advierten desigualdades en el acceso a dispositivos y conectividad, preocupaciones legítimas sobre la privacidad de los datos generados por las plataformas y cierta incomodidad pedagógica frente a propuestas excesivamente fragmentadas que pierden de vista la coherencia del recorrido formativo (De Gagne et al., 2019).

También se critica la tendencia a evaluar únicamente satisfacción inmediata o ganancias de conocimiento a corto plazo, dejando en segundo plano indicadores más exigentes como los cambios observables en la práctica o el impacto organizacional. No basta con que el profesional se sienta satisfecho con una cápsula; la pregunta incómoda es si actúa distinto después de verla.

El estado del arte se desplaza, así, desde una comprensión del ML centrada casi exclusivamente en microcontenidos breves, accesibles y llamativos, hacia una mirada más sistémica que exige diseños instruccionales robustos, métricas de transferencia al puesto de

trabajo y una articulación explícita con marcos teóricos como el constructivismo, la autorregulación del aprendizaje y las comunidades de práctica.

La lógica del contenido fragmentado resulta insuficiente si no se conecta con trayectorias de desarrollo profesional, procesos de acompañamiento y espacios de reflexión colectiva.

En esta línea, el ML empieza a entenderse como pieza de ecosistemas formativos híbridos. Las secuencias breves conviven con tutoría, trabajo colaborativo entre pares y evaluación auténtica del desempeño profesional, donde se observan tareas reales o simuladas, no solo cuestionarios de opción múltiple.

Un programa de CPD que combina cápsulas de actualización normativa con sesiones de discusión de casos y retroalimentación situada ilustra mejor el potencial del ML que una colección dispersa de videos enviados por correo o mensajería instantánea.

Aunque el ML se ha estudiado en sectores como la salud, la educación superior o la formación corporativa, se identifican vacíos claros en profesiones técnicas como la ingeniería civil.

En estos contextos, la actualización profesional implica integrar con rapidez competencias técnicas específicas (normas, procedimientos, tecnologías de construcción) con competencias transversales (gestión de proyectos, ética, comunicación con clientes y autoridades).

La literatura disponible en ingeniería y construcción se ha concentrado sobre todo en la adopción de tecnologías y en modelos de aceptación tecnológica, dejando en segundo plano el diseño de modelos microcurriculares orientados al CPD de los IC.

En este escenario se ubica el problema que aborda la presente tesis: diseñar e implementar una estrategia articulada de actualización profesional basada en ML para IC colegiados.

La propuesta avanza el estado del arte al trasladar evidencias ya consolidadas en otros dominios a un campo donde la literatura empírica es todavía escasa, y al mostrar que los principios del ML pueden aplicarse con rigor a contenidos complejos siempre que se apoyen en un andamiaje pedagógico de orientación constructivista, en mecanismos de evaluación válidos y en espacios de interacción profesional entre pares.

De lo contrario, el ML corre el riesgo de reducirse a “píldoras” informativas que se olvidan tan rápido como se consumen.

Desde esta perspectiva, el ML deja de ser únicamente un formato y se configura como una arquitectura de aprendizaje escalable, capaz de dialogar con la transformación digital del sector de la construcción y con la exigencia de un aprendizaje permanente, pertinente y transferible al desempeño técnico diario.

La tesis se inscribe en este giro: explora qué ocurre cuando esa arquitectura se diseña deliberadamente para la realidad de los IC, como una respuesta organizada a sus necesidades concretas de actualización profesional.

Capítulo 3. Fundamentación teórica

3.1. Actualización profesional

3.1.1. Concepto y definición

La actualización profesional se concibe como un proceso continuo de adquisición, revisión y depuración de conocimientos y habilidades que permite a los IC sostener y mejorar su desempeño, mientras se adaptan a cambios tecnológicos, normativos y sociales que no dan tregua.

En el caso de los IC, este proceso implica seguir el ritmo de los avances en materiales, técnicas constructivas, software especializado, normativas de seguridad estructural y sísmica, disposiciones de sostenibilidad y criterios de gestión de riesgos, entre otros componentes del oficio (Udhayakumar & Karthikeyan, 2016).

La actualización profesional incluye también el fortalecimiento de los requisitos educativos formales, en particular los estudios de posgrado y otros programas avanzados, con el fin de asegurar que los profesionales cuenten con conocimientos esenciales, habilidades pertinentes y estándares éticos acordes con una práctica responsable de la ingeniería civil (Chance et al., 2021).

Este proceso exige revisar de manera periódica los contenidos curriculares, ajustar los métodos de enseñanza e incorporar los avances recientes del campo para formar profesionales capaces de responder a una industria en cambio constante (Mitchell et al., 2021; Azofeifa et al., 2024).

La actualización profesional, en este sentido, actúa como un puente entre el conocimiento que circula en la comunidad científica y el trabajo cotidiano en despachos, obras y oficinas de supervisión.

3.1.2. La importancia de la actualización profesional

La actualización profesional adquiere una relevancia particular en ingeniería civil. El sector de la construcción se caracteriza por una dinámica intensa: surgen nuevos materiales, sistemas constructivos y herramientas digitales; las normas y reglamentos se ajustan con frecuencia para incorporar evidencia científica reciente, criterios de seguridad más estrictos y demandas sociales vinculadas con la sostenibilidad y la resiliencia. No seguir ese ritmo tiene consecuencias directas en la calidad y seguridad de las obras.

Varios autores coinciden en que se requiere una transformación profunda en la educación de la ingeniería civil, orientada a formar profesionales capaces de enfrentar los desafíos contemporáneos y anticipar las demandas futuras del sector (Gutiérrez-Gómez, 2024).

Esta transformación debe reorganizar la formación para articular la base técnica con la comprensión de los contextos donde se construye, se negocia y se decide.

La actualización profesional demanda una visión de aprendizaje a lo largo de la vida que conecte la formación universitaria con las transformaciones tecnológicas, económicas y sociales del sector.

En esta línea, se subraya que el ingeniero actual debe contar con una base técnica sólida, pero también con competencias digitales, comunicativas y de gestión que le permitan liderar procesos de innovación y sostenibilidad, y dialogar con actores no técnicos (empresarios, autoridades, comunidades).

Poschauko et al. (2024) plantean que la educación técnica debe organizarse en modelos modulares y continuos, capaces de preparar a los profesionales frente a la transición digital y ecológica asociada a la industria 4.0 y 5.0.

En la misma dirección, Uotila et al. (2024) destacan el valor del aprendizaje activo y basado en proyectos para el desarrollo de habilidades transversales que fortalecen la adaptabilidad profesional, una cualidad muy apreciada cuando se trabaja con cronogramas apretados, presupuestos limitados y normativas cambiantes.

Diversos autores destacan la importancia de implementar modelos de formación flexibles y adaptativos, sustentados en el *blended learning*, donde las herramientas tecnológicas se articulen con procesos de acompañamiento pedagógico, retroalimentación continua y espacios de reflexión profesional, con el fin de favorecer el aprendizaje significativo y la mejora de la práctica docente (Wall & Ahmed, 2008).

Otros autores subrayan que la capacitación debe centrarse en el ejercicio profesional y en la adquisición de competencias clave desde la formación inicial, para que la actualización posterior tenga un terreno fértil (Martínez-Mena et al., 2022).

Yusuf et al. (2025) destacan que la articulación sistemática entre universidad e industria constituye una estrategia esencial para formar talento capaz de anticipar y responder proactivamente a los desafíos futuros del sector de la construcción, especialmente ante la rápida transformación tecnológica y las nuevas demandas de sostenibilidad.

Esta colaboración fortalece la pertinencia de la formación y alinea las competencias de los egresados con las necesidades reales del mercado laboral.

3.1.3. Los beneficios de la actualización profesional

Los beneficios de la actualización profesional para los IC se observan tanto en el desarrollo individual como en el desempeño general de la industria de la construcción.

En el plano personal, la actualización constante refuerza capacidades técnicas y de gestión, con impacto directo en proyectos más eficientes, seguros y con mejores desempeños en términos de sostenibilidad. Un ingeniero que domina nuevas metodologías de cálculo, herramientas de modelado y criterios de diseño resiliente toma decisiones de otra manera.

Esta actualización continua fortalece la capacidad de adaptarse a tecnologías emergentes, nuevas normativas y metodologías que van apareciendo en un sector en permanente movimiento.

La formación continua se asocia, además, con un aumento de la capacidad de innovación, liderazgo y pensamiento crítico, competencias clave para responder a desafíos globales como la transición energética, la gestión del riesgo de desastres y la transformación digital de los procesos constructivos (Widyakusuma & Hakim, 2024).

Se trata de transformar actitudes y habilidades. La actualización profesional impulsa una postura proactiva frente a problemas complejos como la sostenibilidad ambiental, la incorporación responsable de tecnología y la gestión de proyectos que combinan intereses técnicos, económicos y sociales.

En este contexto, el aprendizaje basado en proyectos aparece como una estrategia relevante para desarrollar habilidades cognitivas y socioemocionales, pues refuerza la autonomía y la responsabilidad profesional (Vani et al., 2021; Miranda et al., 2020).

Se ha señalado también que la educación en ingeniería debe promover la creatividad y la innovación como competencias centrales, integrando metodologías activas y colaborativas (Bielefeldt & Morse, 2019).

El trabajo con problemas reales, simulaciones, estudios de caso y proyectos interdisciplinarios crea condiciones para que la actualización técnica vaya de la mano de una comprensión más amplia del impacto de las decisiones de diseño y construcción.

El aprendizaje orientado a proyectos y la educación experiencial ofrecen beneficios de largo alcance cuando se vinculan con el ciclo de vida de las infraestructuras y con los objetivos de desarrollo sostenible (García-Segura et al., 2023; Guerra & Rodríguez-Mesa, 2021).

Estas estrategias, articuladas con una mirada interdisciplinaria, contribuyen a que los IC se encuentren mejor preparados para afrontar desafíos como la resiliencia urbana, la adaptación al cambio climático y la transición ecológica del sector, con efectos positivos en la competitividad, la confianza social y la sostenibilidad de la construcción.

3.2. Microlearning

3.2.1. Definición y características

El ML se entiende como una metodología de aprendizaje basada en la fragmentación de los contenidos en unidades breves, focalizadas y orientadas a objetivos claros.

Estas unidades suelen tener una duración reducida, en muchos casos inferior a 5 minutos, con la intención de hacer el aprendizaje más manejable y atractivo para personas que disponen de tiempos muy acotados durante su jornada (Fitria, 2022; Samala et al., 2023; Alias & Razak, 2023; Betancur-Chicué & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2023).

El ML proporciona contenidos accesibles en diversos formatos (videos, infografías, podcasts, cuestionarios interactivos, pequeños simuladores), disponibles en cualquier momento y lugar mediante tecnologías digitales.

Esta característica lo coloca como un recurso formativo contemporáneo, que aprovecha el potencial tecnológico para reforzar procesos de actualización y aprendizaje continuo. La Figura 1 sintetiza estas características.

Diversos autores argumentan que el microlearning debe concebirse como un componente dentro de un ecosistema pedagógico más amplio.

En este sentido, se enfatiza la necesidad de articularlo con estrategias didácticas complementarias, tales como el análisis de casos, la realización de proyectos prácticos, la discusión colaborativa y los procesos de mentoría, los cuales permiten dotar al aprendizaje de mayor profundidad, contextualización y significatividad (Heydari et al., 2019).

De este modo, el material breve trasciende su carácter limitado y adquiere valor formativo al integrarse en una secuencia educativa coherente y estructurada.

La literatura también discute sus límites. Se ha advertido que el ML presenta dificultades para la enseñanza de contenidos avanzados, el desarrollo de habilidades de alta complejidad y la comprensión de nociones abstractas, especialmente cuando se trabaja con fragmentos excesivamente aislados ((Fitria, 2022; De Gagne et al., 2019).

A ello se suma que la producción de materiales adecuados a este enfoque requiere un esfuerzo considerable de diseño instruccional y recursos pedagógicos específicos (Polasek & Javorcik, 2019; Wang et al., 2020; Palmon et al., 2021; Fitria, 2022). Es frecuente que muchos proyectos queden a medio camino por subestimar este trabajo de diseño.

Con todo, otros autores coinciden en que el ML resulta especialmente adecuado en educación de personas adultas y en el desarrollo de competencias profesionales (Tennyson et al., 2022; Heydari et al., 2019).

Se subraya su capacidad para ampliar el acceso a la formación gracias a la flexibilidad que ofrecen los medios tecnológicos (Alias & Razak, 2023; Leong et al., 2021) y su eficacia para organizar secuencias orientadas a desarrollar conciencia, conocimientos y habilidades

que sostienen actitudes laborales complejas, mediante series de lecciones breves y secuenciales (Zhang & West, 2020; Emerson & Berge, 2018).

Figura 1

Características del Microlearning



Entre los formatos más frecuentes se encuentran los microvideos que explican conceptos o procedimientos en pocos minutos; tutoriales breves que descomponen procesos en fases específicas; recursos distribuidos mediante redes sociales como WhatsApp, Facebook, Instagram, X o TikTok.

Así como el empleo de plataformas con elementos de gamificación que fragmentan el contenido en pequeños retos; infografías que condensan información compleja en imágenes claras; y podcasts que permiten aprovechar tiempos de desplazamiento o actividades rutinarias (De Gagne et al., 2019; Fitria, 2022).

3.2.2. Principios pedagógicos

Un antecedente directo del ML se encuentra en el aprendizaje por pasos, propio del aprendizaje programado del siglo XX, que planteaba secuencias de contenido organizadas en fases, con fuerte énfasis en la individualización del recorrido y en el control de la respuesta

del estudiante (Alias & Razak, 2023; Monib et al., 2024). El ML retoma parte de esa lógica, aunque con las posibilidades y limitaciones de las tecnologías actuales.

Una teoría clave que precede al ML es el aprendizaje espaciado, formulado por Hermann Ebbinghaus en 1885. Esta propuesta sostiene que la distribución en el tiempo de los contenidos favorece la retención de la información, al contrarrestar el olvido mediante repeticiones periódicas (Murre & Dros, 2015).

Ebbinghaus introdujo las nociones de curva de aprendizaje y curva del olvido, mostrando experimentalmente que la memoria humana tiende a perder información con rapidez si no se repasa de manera espaciada.

Sus resultados indican que, a medida que transcurre el tiempo, se produce una caída constante en la retención; la repetición en momentos estratégicos permite reducir ese descenso y consolidar la información en la memoria de largo plazo (Ebbinghaus, 2013).

El ML se apoya en esta idea al distribuir contenidos en unidades pequeñas que pueden retomarse, reforzarse y aplicarse en distintos momentos del trabajo.

Las investigaciones empíricas específicas sobre ML aún son limitadas, aunque algunos estudios ofrecen indicios claros de su utilidad. Un ejemplo es la experiencia de la Universidad de Tecnología de Dresden, en Alemania, donde se encontró que la presentación de contenidos en fragmentos breves incrementó en alrededor de 20 % la retención de información en estudiantes (Kapp et al., 2015).

El dato no resuelve todas las dudas, pero muestra que la reducción de la carga informativa por sesión puede tener efectos concretos en la memoria.

En entornos laborales, diversos estudios han documentado que la implementación de ML puede reducir de manera significativa el tiempo de aprendizaje, especialmente cuando se acompaña de seguimiento y evaluación continua.

La literatura señala que, al ofrecer contenidos breves y focalizados, el ML permite a los trabajadores adquirir conocimientos de forma más rápida y eficiente, integrando el aprendizaje en sus rutinas sin interrumpir por completo sus tareas (Emerson & Berge, 2018; Lee, 2023). La jornada se detiene para que la capacitación se inserte en momentos estratégicos del trabajo.

3.2.3. Aplicaciones en diferentes contextos

En los últimos años se han multiplicado las experiencias de ML en cursos orientados al trabajo, tanto en empresas como en organizaciones públicas (Zhang & West, 2020; Mekacher, 2021).

El crecimiento de plataformas de aprendizaje en línea, de portales respaldados por universidades y de empresas dedicadas a servicios educativos ha impulsado una oferta cada vez más fragmentada y especializada de contenidos (Liu et al., 2020; Sofi-Karim et al., 2023).

El uso del ML se ha extendido a sectores diversos: industria textil, educación en salud, diferentes ramas de la ingeniería, enseñanza de idiomas, educación física y otros campos donde la actualización es frecuente (Sankaranarayanan et al., 2023).

Esta dispersión de experiencias muestra que el ML se adapta a contextos con necesidades formativas distintas.

Un estudio reciente realizado en una planta electrónica de baja producción, pero alta complejidad técnica empleó un diseño mixto (talleres, entrevistas, encuestas, observaciones y una prueba piloto) para conceptualizar, implementar y evaluar el uso de ML en la capacitación sobre métodos *Lean*.

Los resultados, obtenidos con una muestra de diez técnicos, señalan que el ML se percibió como una estrategia viable, bien recibida por los participantes y eficaz en términos de aprendizaje, superando en ese contexto específico los resultados de la formación presencial convencional (Roth et al., 2022).

El número de participantes fue reducido, pero el cambio en la valoración de la capacitación no pasó desapercibido.

Otros trabajos han mostrado que el ML facilita la retención de información y su aplicación directa en el trabajo, y que puede mejorar el rendimiento y la eficiencia de las empresas cuando se diseña de manera cuidadosa, llegando a superar a otros métodos de aprendizaje en línea más extensos o genéricos (Emerson & Berge, 2018).

El ML se encuentra, además, en un proceso de transformación constante. Se anticipan tendencias como la personalización apoyada en inteligencia artificial, el énfasis en habilidades aplicables, la incorporación de elementos lúdicos y el aprendizaje colaborativo mediado por redes sociales, que probablemente marcarán la evolución de esta modalidad y generarán experiencias más ajustadas a las necesidades reales de los usuarios (Fitria, 2022).

3.3. El constructivismo

3.3.1. Origen y definición

El constructivismo en educación surge de la confluencia de las teorías del desarrollo cognitivo de Piaget (1975) y de las teorías socioculturales de Vygotsky (1978). Este enfoque transformó la comprensión de la enseñanza al desplazar la atención desde la transmisión de contenidos hacia los procesos mediante los cuales los estudiantes construyen activamente su propio conocimiento, en interacción con el entorno y con otras personas.

Piaget (1975) describió cómo los niños construyen conceptos a través de la acción sobre el mundo, mediante procesos de asimilación y acomodación que reestructuran sus esquemas mentales.

Desde una perspectiva constructivista, el aprendizaje se concibe como una actividad intelectual dinámica en la que el sujeto construye significados de manera activa.

En este sentido, los conceptos emergen a partir de la interacción entre la experiencia previa, los recursos cognitivos disponibles y la resolución de situaciones problemáticas concretas, en las cuales el individuo reformula y reelabora su comprensión del mundo.

Diversos autores sostienen que este proceso de construcción conceptual se desarrolla de forma espontánea y contextual, constituyendo la base del aprendizaje significativo y del desarrollo del pensamiento crítico (Sjøberg, 2010; Bächtold, 2013; Brau, 2020).

El constructivismo de corte individual, influido por Piaget, se centra en cómo la persona construye conocimiento de manera autónoma a partir de su experiencia.

En contraste, el constructivismo social, basado en las ideas de Vygotsky, pone el acento en que el desarrollo humano está situado socialmente y que el conocimiento se construye en interacción con otros, mediante el lenguaje y las prácticas culturales compartidas (Bächtold, 2013; Brau, 2020).

La noción de zona de desarrollo próximo resume esta idea: ciertos aprendizajes solo se vuelven posibles en presencia de otros que acompañan, orientan y desafían.

El constructivismo ha tenido un impacto amplio en la educación contemporánea, en especial en áreas como ciencias y matemáticas, donde ha cuestionado prácticas centradas en la repetición mecánica y ha impulsado métodos que buscan la construcción activa del conocimiento (Hendry, 1996; Matthews, 2000; Yadav & Yadav, 2021).

Su influencia se extiende también a la educación literaria, artística, social y religiosa, donde ha abierto espacio a enfoques que toman en serio las experiencias previas de los estudiantes y sus marcos culturales (Matthews, 2000).

Este enfoque parte de la idea de que el conocimiento se construye a través de experiencias e interacciones situadas. Importan los contextos culturales, las trayectorias individuales y los entornos colaborativos donde se negocian significados. Desde esta perspectiva, la enseñanza se concibe como el diseño de situaciones que invitan a explorar, debatir, equivocarse y revisar las propias ideas.

El constructivismo enfatiza la necesidad de experiencias empíricas en la construcción del conocimiento (Kubalskyi, 2024). La teoría propone que los alumnos elaboran comprensión mediante la reflexión y la participación activa, lo que fortalece el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas (Jumaah, 2024).

Estrategias como el andamiaje y el aprendizaje colaborativo se consideran claves para generar entornos educativos dinámicos que atiendan la diversidad de necesidades de quienes aprenden.

Los mecanismos psicológicos que describe el constructivismo incluyen el establecimiento de objetivos de aprendizaje significativos, la investigación de problemas y la práctica reflexiva, orientados al aprendizaje autónomo y a una formación que sostenga el desarrollo a largo plazo (Zhu & Atompag, 2023).

La idea es que el estudiante adquiera maneras de aprender de forma cada vez más independiente.

3.3.2. Relación entre constructivismo y microlearning

El constructivismo y el ML comparten varios principios pedagógicos: apuestan por el aprendizaje activo, la personalización y la contextualización del contenido.

Ambos enfoques buscan que el estudiante construya conocimiento significativo a partir de experiencias breves, reflexivas y cercanas a la resolución de problemas reales, más que desde la simple recepción de información.

La adaptación de los contenidos al perfil del aprendiz, su experiencia, su contexto laboral, sus intereses, refuerza la motivación y el compromiso. La contextualización del saber y la interacción social mediante comunidades de práctica favorecen la conexión entre lo que se aprende y la vida cotidiana, un rasgo central del enfoque constructivista (De Gagne et al., 2019; Silva et al., 2025).

El ML puede articularse con estas comunidades al ofrecer cápsulas que alimentan la discusión técnica, la reflexión sobre casos y la toma de decisiones en grupo.

Tanto el constructivismo como el ML promueven el aprendizaje activo. El primero impulsa la participación del estudiante en la construcción del conocimiento, mientras el segundo facilita esta participación a través de módulos breves y manejables que permiten la práctica inmediata, el error controlado y la corrección rápida (De Gagne et al., 2019).

Esta combinación resulta especialmente atractiva en contextos profesionales donde el tiempo es escaso, pero la necesidad de aprender es constante.

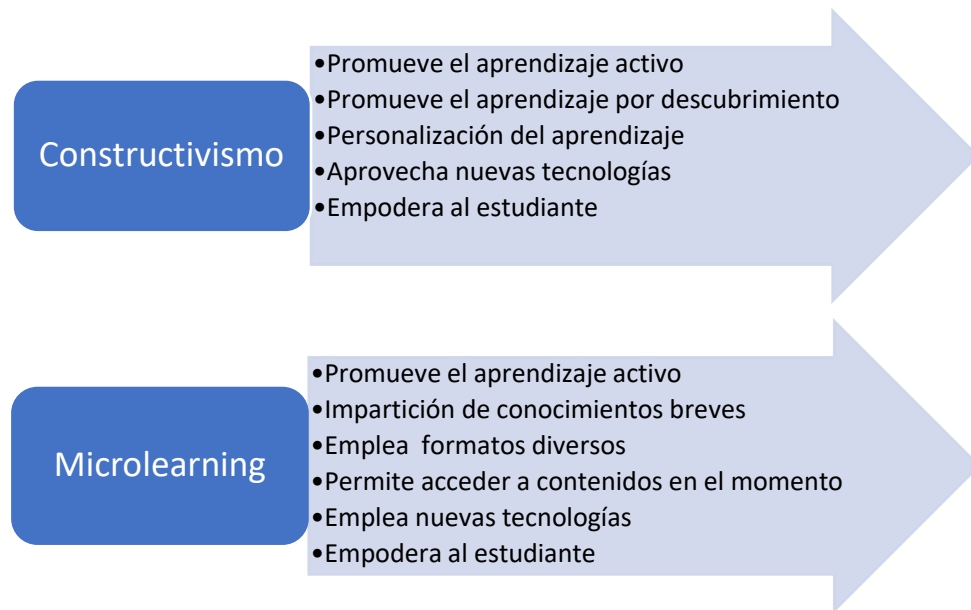
El constructivismo aboga por la personalización del aprendizaje, ajustando el contenido a las necesidades y experiencias previas del estudiante. El ML, por su parte, permite a las personas acceder a contenidos específicos en el momento en que los necesitan, configurando recorridos distintos según sus requerimientos (Monib et al., 2024; Silva et al., 2025).

No todos los profesionales necesitan las mismas cápsulas al mismo tiempo, y el ML acepta esa diversidad.

Ambos enfoques se apoyan en tecnologías contemporáneas para expandir las posibilidades de aprendizaje. El constructivismo ha encontrado en entornos virtuales y simuladores, espacios donde los estudiantes exploran y experimentan, mientras que el ML usa plataformas digitales y dispositivos móviles para entregar contenidos de manera accesible y eficiente (Silva et al., 2025).

La Figura 2 representa gráficamente esta relación entre constructivismo y ML.

En síntesis, constructivismo y microlearning comparten una visión de aprendizaje activo, personalizado y apoyado en tecnología, orientado a empoderar al estudiante y a hacer más efectivo el proceso de adquisición de conocimientos, con especial pertinencia cuando se trata de profesionales que deben conciliar trabajo, actualización y vida personal.

Figura 2*Relación entre Constructivismo y Microlearning*

3.4. El Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

El CICC se define, en su artículo 4 estatutario, como la institución gremial que agrupa a los IC de la región, con reconocimiento a nivel nacional e internacional y con vocación de incidir en la formulación de políticas y en la puesta en marcha de estrategias que fortalezcan la profesión y su participación en la vida pública (Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C., Estatutos, 2023).

No es solo un registro de asociados: aspira a ser un actor activo en la configuración del desarrollo local y regional.

Los estatutos del CICC regulan aspectos clave de la vida colegiada. Establecen los requisitos y procedimientos para la admisión de nuevas personas asociadas; describen los derechos y responsabilidades de los miembros; definen los órganos de gobierno y el proceso electoral; señalan los tipos de sanciones y los procedimientos aplicables en caso de faltas; y subrayan la importancia de que los agremiados mantengan sus datos actualizados y participen

en las actividades del colegio (Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C., Estatutos, 2023). El texto estatutario traza, en suma, el marco de convivencia profesional.

En el artículo 7, los Estatutos precisan los objetivos del CICC en relación con su responsabilidad frente a la ingeniería civil. El apartado I destaca el propósito de incrementar la competencia, la eficiencia y la especialización del ejercicio profesional del ingeniero civil, así como impulsar la investigación y la docencia con perspectiva de igualdad de género, sin distinciones ni discriminación, garantizando el acceso de las personas agremiadas a estas oportunidades. Estos objetivos se vinculan de manera directa con la necesidad de actualización permanente.

Hasta antes de la puesta en marcha del proyecto que da origen a esta tesis, la oferta de actualización del CICC consistía, en general, en dos o tres cursos al año, junto con la promoción de eventos externos (congresos, seminarios, conferencias transmitidas por otros organismos), visitas a obras relevantes y otras actividades de carácter informativo.

Estas acciones aportaban valor, pero carecían de una estructura formativa clara: no existía una planeación sistemática de contenidos, objetivos de aprendizaje definidos, métodos de enseñanza explícitos ni evaluación del aprendizaje. Tampoco se expedían diplomas que acreditaran de forma consistente competencias específicas en áreas o temas de la ingeniería civil.

La situación descrita revela una tensión evidente: por un lado, un colegio que reconoce en sus estatutos la importancia de elevar la competencia profesional de sus asociados; por otro, una práctica de actualización fragmentada, ocasional y poco documentada.

La tesis se sitúa justo en este punto de fricción y propone articular, mediante el microlearning, una estrategia de actualización profesional que responda tanto al marco normativo del CICC como a las necesidades reales de los IC que ejercen en Cancún y su región.

Capítulo 4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Construir una estrategia integral de actualización profesional basada en microlearning para los asociados del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C., estructurada en ejes curriculares priorizados y evaluada en los niveles de satisfacción, aprendizaje y transferencia del modelo de Kirkpatrick, a fin de contribuir al fortalecimiento de su desempeño técnico profesional.

4.2. Objetivos específicos

La estrategia de actualización profesional se despliega en cinco objetivos específicos encadenados, desde el diagnóstico inicial hasta la mejora continua. Cada uno cumple una función precisa en el ciclo de diseño, implementación y evaluación, y su alineación con el objetivo general se resume en la Tabla 1.

Objetivo específico 1 (OE1). Diagnosticar las necesidades de actualización profesional de los IC asociados al CICC, identificando brechas de conocimiento y de competencias en los tres ejes curriculares priorizados.

Objetivo específico 2 (OE2). Diseñar una estrategia de ML alineada con principios del aprendizaje adulto, que articule contenidos pertinentes, formatos accesibles y secuencias didácticas adaptadas al perfil profesional del gremio.

Objetivo específico 3 (OE3). Implementar los tres ejes curriculares seleccionados, asegurando la participación efectiva de los afiliados y la adecuación técnica de los recursos digitales empleados.

Objetivo específico 4 (OE4). Evaluar los resultados de la estrategia en tres niveles del modelo de Kirkpatrick: Nivel 1 (Reacción), Nivel 2 (Aprendizaje) y Nivel 3 (Transferencia).

Objetivo específico 5 (OE5). Analizar el impacto de la estrategia en el desempeño técnico de los IC y proponer ajustes y recomendaciones para su mejora continua y su posible escalamiento institucional.

4.3. Alineación entre objetivo general, objetivos específicos, indicadores e instrumentos

A fin de mostrar la coherencia metodológica del estudio, se presenta la alineación entre el objetivo general, los objetivos específicos, los indicadores de logro y los instrumentos de recolección de información.

Esta organización permite apreciar la relación lógica entre lo que la investigación se propone alcanzar y la manera en que dicho cumplimiento será valorado empíricamente.

La Tabla 1 sintetiza la relación entre el objetivo general, los objetivos específicos, los indicadores de logro y las fuentes de información utilizadas, de manera que el lector pueda seguir el hilo lógico entre lo que se propone y la manera en que se comprobará su cumplimiento.

Tabla 1

Alineación entre objetivo general, objetivos específicos, indicadores e instrumentos

Elemento	Qué se busca lograr	Indicadores (umbral)	Fuente / instrumento
Objetivo general. Estrategia basada en ML en tres ejes	Diseño, implementación y evaluación con niveles 1 al 3	Cumplimiento del plan; cobertura de los tres ejes	Plan curricular, actas, repositorio de recursos
OE1. Diagnóstico	Priorización de tres ejes y segmentos de IC	Matriz de brechas validada	Encuesta ($n \geq 30$); entrevistas (10-15)
OE2. Diseño instruccional	Módulos ≤ 5 min con calidad y accesibilidad	100 % de módulos con guionización y rúbrica	Plantillas de diseño; listas de verificación
OE3. Implementación	Participación y finalización de los módulos	Finalización ≥ 80 %; portafolio activo	Analítica de la plataforma; portafolios de evidencias
OE4. Resultados Nivel 1	Satisfacción por dimensión evaluada	$\geq 4/5$ y desviación estándar reportada	Encuesta posterior por módulo

Elemento	Qué se busca lograr	Indicadores (umbral)	Fuente / instrumento
OE4. Resultados Nivel 2	Aprendizaje pre-post	Mejora ≥ 3 puntos (escala 0–10)	Pruebas de conocimiento por eje
OE4. Resultados Nivel 3	Transferencia al puesto de trabajo	≥ 60 % con evidencia situada	Rúbricas y listas de revisión en obra
OE5. Análisis y mejora continua (PDCA)	Cambios implementados y documentados	≥ 1 ciclo PDCA cerrado	Matriz de cambios y justificación

Este conjunto de objetivos traza un recorrido completo: del diagnóstico a la acción, de la acción a la evidencia y de la evidencia a la mejora. La tesis se compromete a recorrerlo, sin atajos, para que la estrategia de ML del CICC sea una propuesta verificable y ajustable en la práctica.

Capítulo 5. Metodología

5.1. Enfoque de la investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto. La problemática de la actualización profesional de los IC del CICC mostró desde el inicio una complejidad que desbordaba los límites de un solo método. El enfoque mixto permitió articular mediciones objetivas de aprendizaje y transferencia con la voz de los ingenieros, sus resistencias, sus rutinas y sus condiciones de trabajo.

En términos formales, se asumió la definición de enfoque mixto como la integración sistemática de métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, de manera que la combinación de datos numéricos y narrativos aporte una comprensión más amplia y explicativa del fenómeno (Almalki, 2016; Nair & Prem, 2020; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

La parte cuantitativa aportó medidas de magnitud y cambio; la parte cualitativa permitió comprender el sentido que los participantes otorgan a ese cambio.

La ejecución del método mixto siguió una lógica secuencial y explícita: primero se recolectaron y analizaron los datos cuantitativos y cualitativos por separado; después se establecieron relaciones, convergencias y tensiones entre ambos conjuntos de resultados.

Este proceso de integración dio lugar a metainferencias, entendidas como conclusiones de segundo orden que surgen del diálogo entre los hallazgos de ambos enfoques (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

5.2. Diseño de la investigación

La investigación se sitúa en el campo de los estudios aplicados: se buscó generar conocimiento útil para resolver un problema concreto, visible en la práctica cotidiana del CICC, más que producir teoría desligada de la acción.

El diseño fue no experimental, de tipo longitudinal, dado que el fenómeno del aprendizaje y la transferencia se observó tal como ocurre en el contexto habitual de los ingenieros, con mediciones en varios momentos para seguir su evolución.

Se adoptó, además, la modalidad de investigación-acción participativa. Se trabajó con los agremiados en la identificación del problema, el diseño de la estrategia formativa y la revisión de resultados.

Desde la investigación-acción, el cambio deseado en la práctica se convierte en vía para generar conocimiento y fortalecer la capacidad de decisión de los propios actores (Bradbury-Huang, 2010; Cornish et al., 2023).

La investigación-acción se organizó en ciclos, siguiendo el esquema clásico de planificación, acción, desarrollo y reflexión (Chevalier, 2019).

En la fase de planeación se definió el problema y se reconocieron recursos y limitaciones; en la fase de acción se implementó el plan con la participación del CICC;

durante el desarrollo se ajustaron soluciones sobre la marcha, y en la reflexión se analizaron los efectos, se discutieron los aprendizajes y se tomaron decisiones para el siguiente ciclo.

5.3. Población y muestra

La población de referencia estuvo constituida por los 125 agremiados activos del (CICC), 112 hombres y 13 mujeres, con sede en calle Aries, M. 12, Lote 1, SM. 41, Fraccionamiento Santa Fe, Cancún, Quintana Roo, México.

Un censo interno permitió caracterizar la distribución de edad: promedio de 55 años, mediana de 59 y moda de 61, con un rango de 24 a 88 años y ligera asimetría a la derecha, lo que refleja la presencia de un grupo importante de ingenieros de trayectoria larga y una variabilidad moderada.

En términos de formación académica, 88 agremiados cuentan con licenciatura (edad media 52 años), 16 con especialidad (media 62 años), 19 con maestría (media 43 años) y 2 con doctorado (52 y 61 años). Quince son egresados de universidades locales y el resto procede de instituciones de diferentes estados de la República. Este perfil da cuenta de un colectivo diverso, donde conviven experiencias profesionales muy amplias con trayectorias más recientes.

5.4. Técnicas de muestreo

Las decisiones de muestreo respondieron tanto a las condiciones reales del CICC como a los objetivos del estudio. Se recurrió a muestreo por conveniencia y a muestreo intencional.

El muestreo por conveniencia se empleó cuando el criterio principal fue la accesibilidad de los participantes, especialmente en los componentes cuantitativos. Esta técnica facilita la recolección de datos en colectivos profesionales con alta carga de trabajo, aunque limita la capacidad de generalización estadística y exige cautela en la interpretación (Suen et al., 2014; Andrade, 2021).

El muestreo intencional se utilizó en los componentes cualitativos. Los participantes se seleccionaron deliberadamente por sus características profesionales, su experiencia y su potencial para aportar información relevante y rica en matices (Etikan et al., 2016).

El tamaño muestral se determinó por el criterio de saturación de datos: se dejaron de incorporar nuevos informantes cuando las entrevistas dejaron de aportar categorías nuevas y solo reforzaban las ya existentes.

La combinación de ambos tipos de muestreo se consideró adecuada para un estudio aplicado, donde la prioridad se ubica en la validez analítica y la transferibilidad de los hallazgos, más que en la representación probabilística de toda la población.

5.5. Técnicas de recolección de datos

La estrategia metodológica combinó técnicas cualitativas, cuantitativas y mixtas, coherentes con la lógica de investigación-acción y con el diseño mixto.

5.5.1. Técnicas cualitativas

Las técnicas cualitativas se emplearon para comprender cómo los ingenieros describen su experiencia, sus carencias formativas y su relación con el microlearning. Se recurrió a observación, entrevistas en profundidad, grupos focales y análisis de documentos institucionales.

Estas técnicas permitieron registrar interacciones, prácticas y significados en contextos reales de trabajo, y no solo en escenarios simulados (Denny & Weckesser, 2022; Knott et al., 2022). Las entrevistas y grupos focales se orientaron a recuperar narrativas sobre la actualización profesional, las tensiones entre trabajo y formación, y la recepción de los micromódulos.

5.5.2. Técnicas cuantitativas

Las técnicas cuantitativas aportaron datos numéricos sobre necesidades, aprendizaje, transferencia y satisfacción. Se utilizaron cuestionarios estructurados, encuestas con escala Likert, pruebas de conocimiento pre y post, y microevaluaciones asociadas a cada módulo.

Este conjunto de instrumentos permitió medir variables, identificar patrones y comparar resultados entre momentos y ejes curriculares (Humble, 2020). El tratamiento estadístico incluyó análisis descriptivos e inferenciales, con especial atención a la confiabilidad de las escalas y a la magnitud de los cambios observados (Aithal & Aithal, 2020; Stangier et al., 2021).

5.5.3. Técnicas mixtas

Las técnicas mixtas se utilizaron cuando el propio instrumento implicaba integración de datos cuantitativos y cualitativos, o cuando el análisis exigía articulación explícita de ambos tipos de resultados.

Se combinaron de manera deliberada las respuestas numéricas de encuestas con comentarios abiertos, registros de listas de verificación con notas de campo y resultados de pruebas con evidencias documentales de desempeño. Esta integración permitió medir cuánto cambiaba el conocimiento, y también reconstruir cómo y en qué condiciones se daba esa transformación (Almalki, 2016; Nair & Prem, 2020).

5.5.4. Ciclo de mejora continua

El ciclo de mejora continua o círculo de Deming (PDCA) se utilizó como estructura de gestión de la calidad pedagógica del programa. Más que un marco teórico periférico, operó como hilo conductor que organizó ajustes y decisiones. (Ver Figura 3).

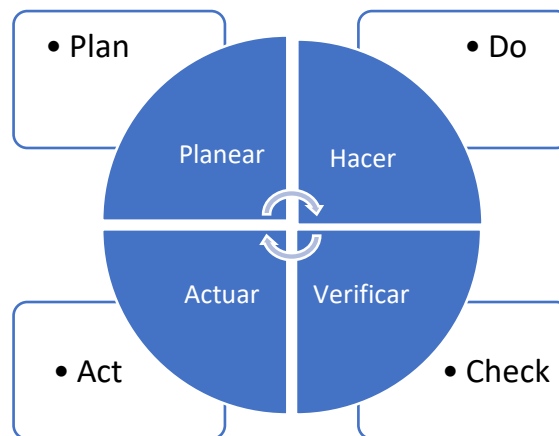
El ciclo PDCA se concibe como una secuencia iterativa de cuatro etapas: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Samuel & Farrer, 2025). En este estudio se concretó en la revisión

del sistema de actualización profesional del CICC, la creación de equipos de mejora, la programación de cursos, el desarrollo de materiales, la evaluación de resultados y la toma de decisiones basada en evidencia.

Se conformaron dos equipos de mejora: uno integrado por siete miembros del Consejo Directivo del CICC y otro por siete integrantes del Comité de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica (CAPITEC). Estos grupos analizaron información, discutieron alternativas y tomaron decisiones por consenso sobre la oferta formativa, los recursos y la organización del programa.

Figura 3

Ciclo de mejora continua (Círculo de Deming)



En la fase de planear se organizaron los equipos, se levantó un diagnóstico del sistema de actualización, se revisaron capacidades académicas y de infraestructura, se definieron objetivos y se establecieron indicadores.

En la fase de hacer se creó el CAPITEC, se programaron cursos presenciales, virtuales e híbridos, se diseñaron y elaboraron materiales y se definieron cronogramas.

La fase de verificar implicó seguimiento sistemático: revisión de avances, análisis de resultados de evaluaciones, recogida de opiniones de los participantes y ajustes tácticos.

En la fase de actuar se tomaron decisiones para consolidar cambios, capacitar docentes, fortalecer procesos de comunicación interna y aplicar las mejoras identificadas a los ciclos formativos posteriores.

5.6. Diseño de instrumentos

El diseño de los instrumentos de evaluación se realizó con un criterio de alineación explícita entre objetivos, indicadores y niveles de evaluación (Reed et al., 2021). Cada instrumento respondió a un propósito concreto dentro del modelo de actualización profesional y se asoció a un nivel específico de análisis, tal como se muestra en la Tabla 2.

La tabla resume la relación entre anexos, objetivos específicos e indicadores clave, evitando la dispersión habitual en estudios con múltiples instrumentos. Esta alineación se apoyó en recomendaciones de los estándares para pruebas educativas, que insisten en la necesidad de definir con claridad qué mide cada instrumento y para qué decisiones se utilizarán sus resultados (Özgenel et al., 2024; Garavan et al., 2019).

Tabla 2

Alineación de instrumentos, objetivos e indicadores

Instrumento	Objetivo Específico asociado	Indicador principal	Nivel de evaluación
Anexo A1 Entrevista para determinar la necesidad o no, de cursos de actualización profesional en el CICC	Identificar las brechas de conocimiento, habilidades y competencias profesionales del personal del CICC, con base en sus funciones actuales y futuras, para fundamentar la pertinencia de cursos de actualización.	Porcentaje de entrevistados que manifiestan necesidades formativas específicas relacionadas con su desempeño profesional.	Diagnóstico (Nivel 1 del ciclo de evaluación formativa).
Anexo A2 Catálogo de cursos que se pueden impartir en el CAPITEC y que se imparten en el	Diseñar un catálogo de cursos alineado con las necesidades técnicas, normativas y de innovación del sector de la ingeniería civil, tomando como referencia la oferta	Número y porcentaje de cursos propuestos que coinciden con áreas prioritarias identificadas por	Planeación estratégica (Nivel 2 del ciclo de evaluación institucional).

Instrumento	Objetivo Específico asociado	Indicador principal	Nivel de evaluación
Colegio de Ingenieros Civiles de México.	actual del Colegio de Ingenieros Civiles de México.	el Colegio de Ingenieros Civiles de México.	
Anexo A3 Encuesta diagnóstica de necesidades	Identificar las áreas temáticas, competencias técnicas y necesidades formativas prioritarias del público objetivo, con el fin de diseñar una oferta de cursos pertinente y alineada con los perfiles profesionales e institucionales.	Porcentaje de participantes que manifiestan interés o necesidad en áreas temáticas específicas de formación.	Nivel 1. Diagnóstico institucional.
Anexo A4 Prueba de conocimiento pre-post.	Medir el nivel de conocimiento de los participantes antes y después de una intervención formativa, por cada eje temático del programa, con el fin de valorar el impacto del aprendizaje.	Incremento del aprendizaje (puntos porcentuales) / d de Cohen	Nivel 4. Evaluación de resultados de aprendizaje.
Anexo A5 Microevaluaciones por módulo (quizz ≤ 5 ítems).	Verificar el nivel de comprensión de los contenidos abordados en cada módulo del programa formativo, mediante microevaluaciones breves que permitan retroalimentación inmediata y ajustes pedagógicos.	Porcentaje de respuestas correctas por módulo en microevaluaciones de ≤ 5 ítems.	Nivel 2. Evaluación formativa de comprensión inmediata.
Anexo A6 Rúbrica de tarea auténtica (transferencia)	Evaluar la capacidad del estudiante para transferir lo aprendido a situaciones reales, complejas y contextualizadas, mediante la resolución de una tarea auténtica que integre saberes, juicio crítico y desempeño profesional.	Nivel de transferencia efectiva del aprendizaje a la resolución de la tarea auténtica.	Nivel 4. Evaluación de desempeño aplicado.
Anexo A7 Lista de verificación <i>in situ</i> .	Verificar en campo el cumplimiento de los requisitos técnicos, operativos y normativos establecidos, asegurando la calidad, trazabilidad y colaboración	Porcentaje de ítems cumplidos en la verificación <i>in situ</i> .	Nivel 2. Evaluación técnica-operativa.

Instrumento	Objetivo Específico asociado	Indicador principal	Nivel de evaluación
Anexo A8 Cuestionario de evaluación del programa ML	efectiva entre actores. Recabar la percepción de los estudiantes sobre la utilidad, accesibilidad, diseño y efectividad del programa de ML, con el fin de identificar áreas de mejora y valorar su impacto en el proceso de aprendizaje.	Nivel de satisfacción y percepción de efectividad del programa de ML, según los estudiantes.	Nivel 4. Evaluación de resultados percibidos por el usuario final (aprendizaje, motivación, aplicabilidad).
Anexo A9 Guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML	Explorar con profundidad la experiencia de los alumnos con el programa de ML, identificando sus percepciones sobre la utilidad, accesibilidad, motivación, aprendizaje y áreas de mejora.	Nivel de satisfacción y percepción de efectividad del ML en el proceso de aprendizaje.	Nivel 4. Evaluación de resultados percibidos por el usuario final.
Anexo A10 Guía de clínica de casos. Comunidad de práctica (CoP)	Facilitar el análisis estructurado de casos reales en el marco de una Comunidad de Práctica, promoviendo la reflexión crítica, el intercambio de saberes y la construcción colectiva de soluciones contextualizadas.	Número y calidad de aportes colaborativos generados durante el análisis de casos.	Nivel 3. Evaluación de proceso colaborativo.
Anexo A11 Guía de entrevista semiestructurada para el profesor de ML	Explorar las percepciones, estrategias y resultados del docente en la implementación de ML como metodología de enseñanza, con el fin de valorar su pertinencia, eficacia y posibilidades de mejora en el contexto institucional.	Grado de adecuación del enfoque ML a los objetivos de aprendizaje, según la percepción del docente.	Nivel 3. Evaluación de proceso pedagógico.
Anexo A12 Matriz de cambios y justificación	Sistematizar el proceso de mejora continua mediante la implementación de, al menos, un ciclo completo del modelo <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA), documentando cada cambio realizado y su fundamento en una matriz de cambios y justificación.	Cumplimiento del 100% de las fases del ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).	Nivel de integración institucional. Evaluación de la integración de la mejora continua como resultado de la estrategia formativa en la organización.

A partir de esta matriz se diseñaron, pilotearon y ajustaron los instrumentos que se describen a continuación.

5.6.1. Entrevista para determinar la necesidad de cursos

La entrevista semiestructurada (Anexo A1) se aplicó a una muestra intencional de 10 IC asociados al CICC. Se buscó máxima variación en años de experiencia, área de especialización (estructura, supervisión, gestión, costos), familiaridad tecnológica (baja a avanzada) y tipo de empleador (independientes, pequeña y medianas empresas, y grandes constructoras).

La guía incluía tres preguntas abiertas, precedidas por una breve explicación sobre el propósito del estudio y el manejo confidencial de la información. El objetivo fue explorar la percepción de necesidad de actualización, las áreas prioritarias y las preferencias de formato.

A pesar de la diversidad planificada en la selección, las respuestas mostraron alta convergencia: todos los participantes coincidieron en la existencia de un desfase formativo, en la urgencia de actualizarse en normatividad y tecnologías digitales, y en la preferencia por modalidades flexibles y aplicables.

Este patrón de respuestas homogéneas, lejos de representar una debilidad, indicó saturación temática temprana (Saunders et al., 2018). En investigación cualitativa, la saturación se alcanza cuando nuevas entrevistas ya no añaden categorías relevantes, y que refuerzan las ya identificadas (Hennink et al., 2017).

En este caso, diez entrevistas resultaron suficientes para documentar un consenso claro sobre las necesidades formativas centrales en la comunidad profesional del CICC.

5.6.2. Catálogo de cursos del Colegio de Ingenieros Civiles de México

El catálogo de cursos del Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM) se incorporó como documento de referencia (Anexo A2). La elección fue hecha porque el CICM mantiene

desde 1981 un centro de actualización profesional con reconocimiento nacional, lo que lo convierte en referente legítimo para comparar y contextualizar la oferta del CICC.

El análisis se desarrolló mediante una revisión de contenido estructurada en tres dimensiones: estructura temática y ejes curriculares, modalidades y formatos instruccionales, y segmentación por población objetivo. Este ejercicio permitió identificar brechas, oportunidades y tendencias.

Se observaron carencias específicas para el contexto de Cancún: ausencia de contenidos ligados a problemáticas regionales (p. ej., particularidades geotécnicas de la península de Yucatán), escasa presencia de formatos basados en microlearning y poca atención a escenarios locales en la aplicación de la normatividad.

A la vez, se identificaron oportunidades claras para el CICC: cursos sobre sostenibilidad en el Caribe mexicano, microcredenciales en gestión de proyectos y acciones formativas just-in-time en normatividad local.

El contraste con el CICM se ajustó a criterios de comparabilidad, contextualización y transferencia selectiva, como recomienda la literatura de educación comparada (Bray et al., 2014). Se trató de tomarlo como punto de referencia para diseñar una propuesta situada para el CICC.

5.6.3. Encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional

La encuesta diagnóstica (Anexo A3) se diseñó para identificar y priorizar necesidades de actualización en tres ejes: normatividad, gestión de proyectos, y sustentabilidad y desarrollo ambiental. Se incluyeron, además, bloques sobre competencia digital y preferencias formativas.

La escala de respuesta fue tipo Likert de 5 puntos (1 = “Nada”, 5 = “Mucho”), opción ampliamente documentada para medir actitudes y percepciones (Joshi et al., 2015). Las dimensiones se distribuyeron en ítems específicos: A1.1-A1.3 para normatividad, A2.1-A2.4

para sustentabilidad, A3.1-A3.3 para gestión de proyectos, C1-C7 para familiaridad digital y D1-D9 para preferencias formativas; un ítem adicional funcionó como control de atención.

Se consideró válida una respuesta solo si el participante completaba al menos el 70 % de los ítems y respondía correctamente el ítem de control. Este criterio permitió depurar respuestas descuidadas o aleatorias (Huang et al., 2022).

La validez de contenido se estimó mediante un panel de 3-5 expertos en ingeniería civil, gestión de proyectos y diseño instruccional. Se calcularon índices de validez de contenido (I-CVI y S-CVI/Ave) con criterios de corte de ≥ 0.78 por ítem y ≥ 0.90 para la escala global (Polit et al., 2007).

La confiabilidad se estimó mediante alfa de Cronbach, con un rango esperado de 0.75-0.90 por dimensión (Tavakol & Dennick, 2020). La prueba piloto se aplicó a 15 ingenieros (13 hombres, 2 mujeres, edad media 43 años). Los resultados promedio se presentan en las Tablas 3, 4, 5 y 6, que muestran altas necesidades en normatividad y gestión de proyectos, competencia digital moderada y una preferencia muy marcada por contenidos breves, casos locales y plantillas aplicables.

La escala global alcanzó $\alpha = 0.91$, valor que indica excelente consistencia interna y respalda su uso en la fase de aplicación masiva.

Tabla 3

Descripción de la muestra de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional

Variable	Descripción
n	Tamaño de muestra = 15
Sexo	13 hombres, 2 mujeres
Edad promedio	43 años (rango 35–52)
Experiencia profesional	73% con más de 15 años de experiencia
Sectores laborales	60% sector privado, 27% público, 13% independiente

Tabla 4

Resultados (promedios por eje) de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional

Eje / Dimensión	Media (M)	Desviación estándar (DE)	Interpretación
A1. Marco Normativo y Regulatorio	4.4	0.5	Alta necesidad de actualización normativa
A2. Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental	4.1	0.6	Alta necesidad, centrada en gestión de agua y materiales sustentables
A3. Gestión de Proyectos y Coordinación	4.6	0.4	Muy alta necesidad, especialmente en control de cambios y planeación
C. Competencia Digital	3.8	0.7	Moderada-alta; destacan debilidades en software 3D y tableros de BI
D. Preferencias de Formación (ML)	4.7	0.3	Muy alta preferencia por microcontenidos y casos locales

Tabla 5

Resultados del cálculo de confiabilidad (α de Cronbach) de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional

Eje	N.º Ítems	α Cronbach	Nivel de consistencia interna
Eje A1 – Normatividad	3	0.86	Alta
Eje A2 – Sustentabilidad	4	0.89	Alta
Eje A3 – Gestión de proyectos	3	0.91	Muy alta
Eje C – Competencia digital	6	0.83	Alta
Eje D – Preferencias formativas	9	0.93	Excelente
Total, escala (25 ítems válidos)	25	$\alpha = 0.91$	Excelente confiabilidad global

Confiabilidad (α de Cronbach).

El alfa de Cronbach (α) es un índice de confiabilidad que se utiliza para medir la consistencia interna de un instrumento, como un cuestionario. Indica qué tan bien se relacionan entre sí los ítems que supuestamente miden lo mismo.

La fórmula es:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Donde:

- k = número de ítems
- σ_i^2 = varianza de cada ítem
- σ_t^2 = varianza total del puntaje combinado de todos los ítems

El cálculo del alfa de Cronbach implica determinar la varianza individual de cada ítem, así como la varianza total del instrumento, obtenida a partir de la suma de todos los ítems.

Posteriormente, se analiza la proporción en que cada ítem contribuye a la varianza total. Cuando los ítems están bien alineados (es decir, presentan una alta coherencia interna) el valor del alfa tiende a ser elevado, lo que indica una mayor confiabilidad del instrumento.

Tabla 6

Resumen de resultados y de confiabilidad de la encuesta diagnóstica de necesidades de actualización profesional

Eje	M	DE	α Cronbach	Nivel
A1	4.4	0.5	0.86	Alta
A2	4.1	0.6	0.89	Alta
A3	4.6	0.4	0.91	Muy alta
C	3.8	0.7	0.83	Alta
D	4.7	0.3	0.93	Excelente
Total	-	-	0.91	Excelente

La versión de la Encuesta Diagnóstica de Necesidades de Actualización Profesional (Anexo A3) presenta excelente confiabilidad y coherencia interna ($\alpha = .91$), adecuada para su aplicación real en poblaciones de IC del CICC. Los resultados sugieren una clara demanda de actualización en gestión de proyectos, normatividad y herramientas digitales, así como una predilección por estrategias de ML adaptadas al contexto local.

5.6.4. Prueba de conocimiento pre-post

Para estimar el aprendizaje asociado a cada eje curricular (normatividad, gestión de proyectos, sustentabilidad y desarrollo ambiental), se diseñaron pruebas de conocimiento pre y post (Anexo A4) con 10 reactivos por eje.

La prueba combinó ítems de opción múltiple contruidos a partir de casos breves con reactivos de verdadero/falso que exigían justificación mínima, siguiendo recomendaciones para evaluar memoria, y capacidad de aplicación (Haladyna & Rodriguez, 2013). Las especificaciones de contenido y peso por eje se recogen en las Tablas 7, 8 y 9.

La puntuación se estableció en una escala de 0 a 10 (un punto por reactivo correcto). El criterio de logro en el postest fue ≥ 8.0 , con una meta de mejora de al menos 2 puntos en la media o un tamaño de efecto (d de Cohen) ≥ 0.5 (Cohen, 1988).

Se calcularon índices psicométricos básicos: dificultad (p) y discriminación (r biserial puntual). En síntesis, el índice p se definió como la proporción de aciertos por ítem ($p = Nr/N$), y permitió identificar preguntas demasiado fáciles o difíciles; el índice r biserial estimó la capacidad de cada ítem para diferenciar entre participantes de alto y bajo desempeño. Valores cercanos a 0.5 o superiores se consideraron adecuados (Bichi, 2016).

La prueba piloto, aplicada a 15 ingenieros, mostró una ganancia media de 3.1 puntos por eje y un aumento global de 31 puntos porcentuales de aciertos (Tabla 11). Las estimaciones de confiabilidad oscilaron entre 0.86 y 0.91 por eje y alcanzaron 0.93 para la escala total (Tablas 12 y 13), lo que indica excelente consistencia interna y buena capacidad de discriminación.

Tabla 7

Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Normatividad

Eje / Contenido	Peso	Tipo de reactivo	No. ítems	Observación
Normatividad	100%	Caso breve + opción múltiple (6); V/F con justificación mínima (4)	10	Enfoque en aplicabilidad, evidencia y trazabilidad
Aplicabilidad norma vigente	30%	OM (Caso)	3	Selección de cláusula/criterio
Evidencia de	30%	OM (Caso)	3	Registro/documento

Eje / Contenido	Peso	Tipo de reactivo	No. ítems	Observación
cumplimiento				probatorio
Sostenibilidad / Seguridad	20%	V/F justificado	2	Criterios exigidos por norma
Trazabilidad documental	20%	V/F justificado	2	Flujo de registro/archivo

Tabla 8

Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Gestión y proyectos

Eje / Contenido	Peso	Tipo de reactivo	No. ítems	Observación
Gestión de proyectos	100%	Caso breve + opción múltiple (6); V/F con justificación mínima (4)	10	Planificación, restricciones, cambios, registro
Planificación/control	30%	OM (Caso)	3	Ruta crítica / holguras
Restricciones y riesgos	30%	OM (Caso)	3	Matriz restricciones
Gestión de cambios	20%	V/F justificado	2	Flujo de aprobación
Documentación/actas	20%	V/F justificado	2	Acuerdos y evidencia

Tabla 9

Especificaciones de las pruebas de conocimiento de Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Eje / Contenido	Peso	Tipo de reactivo	No. ítems	Observación (Enfoque de evaluación)
Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental	100%	Caso breve + opción múltiple (6); Análisis de escenario corto (4)	10	Enfoque en aplicabilidad, análisis de impacto y estrategias de mitigación.
Fundamentos y Principios de la Sustentabilidad	20%	OM (Caso)	2	Evaluar la comprensión de los pilares (ambiental, social, económico) y su interrelación en un contexto dado.
Evaluación de Impacto Ambiental	30%	OM (Caso)	3	Identificar tipos de impacto (agua, aire, suelo, biodiversidad) y predecir consecuencias a corto y largo plazo.
Estrategias de Mitigación y Economía Circular	30%	Análisis de Escenario Corto	3	Seleccionar y justificar estrategias de mitigación, prevención, y principios de reducción, reúso y reciclaje.
Instrumentos Normativos y de Gestión Ambiental	20%	Análisis de Escenario Corto	2	Reconocer la aplicabilidad de normas, certificaciones. La norma ISO 14001 (International Organization for Standardization, 2015) establece los

Eje / Contenido	Peso	Tipo de reactivo	No. ítems	Observación (Enfoque de evaluación)
				requisitos para los sistemas de gestión ambiental.

La puntuación se estableció en una escala de 0 a 10 puntos, asignando un punto por cada ítem correcto. Como criterio de aprobación en la prueba post se definió una puntuación mínima de 8.0. Para medir la mejora del aprendizaje, se estableció como meta un incremento de al menos 2/10 puntos en la media del grupo o un tamaño del efecto (d de Cohen) ≥ 0.5 , lo que se considera una mejora moderadamente práctica en contextos educativos (Cohen, 1988).

El tamaño del efecto d de Cohen mide la diferencia estandarizada entre dos medias. Es decir, expresa cuántas desviaciones separan las medias de dos grupos. Adicionalmente, se planificó reportar la desviación estándar y los intervalos de confianza al 95% para ofrecer una estimación robusta de la variabilidad y precisión de los resultados.

Para asegurar la calidad psicométrica de las pruebas, se realizó un análisis después de observar los resultados de los ítems en la aplicación, calculando los índices de dificultad (p) y de discriminación (r biserial).

El índice de dificultad p es una medida psicométrica que indica qué tan difícil o fácil resultó un ítem (pregunta) de una prueba para un grupo de examinados. Se calcula como la proporción de personas que respondieron correctamente ese ítem. Matemáticamente, se define como:

$$p = Nr/N$$

donde:

- Nr es el número de participantes que respondieron correctamente el ítem,
- N es el total de participantes que respondieron ese ítem.
- El valor de p varía entre 0 y 1.
- Un valor de $p=1$ significa que todos respondieron correctamente, por lo que el ítem es muy fácil.

- Un valor de $p=0$ indica que nadie respondió correctamente, o sea que el ítem es muy difícil.
- Un valor intermedio como $p=0.5$ representa una dificultad media: la mitad del grupo contestó bien.

Este análisis permitió identificar ítems potencialmente problemáticos, o ya sea por una excesiva dificultad.

El índice de discriminación conocido como r biserial es una medida psicométrica que cuantifica qué tan bien un ítem (pregunta) de una prueba distingue entre los participantes con alto desempeño general y aquellos con bajo desempeño. En otras palabras, mide la capacidad del ítem para diferenciar a quienes dominan el contenido del que evalúa de quienes no.

Este índice se calcula como una correlación biserial puntual entre las respuestas correctas o incorrectas (variable dicotómica) de un ítem y la puntuación total obtenida por cada persona (variable continua), es decir, evalúa la relación estadística entre el resultado del ítem y el rendimiento global (Bichi, 2016).

Los valores del r biserial varían entre -1 y 1:

- Valores cercanos a 1 indican que el ítem discrimina muy bien, es decir, quienes obtienen puntajes altos responden correctamente ese ítem, y quienes puntúan bajo, lo fallan.
- Valores cercanos a 0 significan que el ítem no discrimina, porque no hay diferencia en la respuesta entre quienes tienen alto o bajo desempeño.
- Valores negativos indican un problema, pues el ítem responde inversamente: quienes tienen bajo desempeño responden mejor que los de alto desempeño, lo cual suele reflejar un error o ítem defectuoso.

Un índice de discriminación aceptable generalmente está por encima de 0.2 o 0.3, y cuanto mayor sea, mejor es la calidad discriminativa del ítem.

Prueba piloto del Anexo A4. Prueba de Conocimiento Pre y Post sobre Normatividad, Gestión de proyectos y Sustentabilidad, aplicada a una muestra de 15 IC. La descripción de la muestra se anota en la Tabla 10, los resultados por eje en la Tabla 11 y los resultados del cálculo de confiabilidad en la Tabla 12.

Tabla 10

Descripción de la muestra de la prueba de conocimiento pre y post

Variable	Descripción
n	15 participantes
Edad promedio	42 años (rango 34 – 50)
Sexo	13 hombres (87%), 2 mujeres (13%)
Experiencia profesional	67% > 15 años, 20% 6–10 años, 13% 11–15 años
Sectores laborales	60% privado, 27% público, 13% independiente
Principales áreas	Gestión de proyectos y obra (40%), supervisión (27%), diseño estructural (20%), otros (13%)

Tabla 11

Resultados (promedios por eje) de la prueba de conocimiento pre y post

Eje / Dimensión	Puntaje PRE (M)	Puntaje POST (M)	Ganancia media	% Aprobados POST (≥ 8)	Interpretación
Eje 1. Normatividad	5.8	8.9	+3.1	87%	Mejora sólida en criterios normativos y trazabilidad documental
Eje 2. Gestión de Proyectos	6.1	9.2	+3.1	93%	Mejora significativa en control de cambios y planificación
Eje 3. Sustentabilidad y desarrollo ambiental	5.4	8.5	+3.1	80%	Mayor comprensión de resiliencia urbana y huella hídrica
Total (30 ítems)	17.3 / 30	26.6 / 30	+9.3		Aumento global de 31 puntos porcentuales de aciertos

Tabla 12*Resultados (promedios por eje) de la prueba de conocimiento pre y post*

Eje	N.º de ítems	α PRE	α POST	Nivel de consistencia interna
Eje 1 – Normatividad	10	0.78	0.88	Alta (POST)
Eje 2 – Gestión de Proyectos	10	0.81	0.91	Muy alta
Eje 3 – Sustentabilidad y Desarrollo ambiental	10	0.75	0.86	Alta
Escala total (30 ítems)	30	0.83	0.90	Excelente confiabilidad global POST

Se resume que el instrumento muestra equilibrio entre ítems fáciles y medios, lo que garantiza sensibilidad para medir aprendizaje después de la capacitación (Ver Tabla 13). Los índices r-biserial son en su mayoría ≥ 0.50 , indicando alta capacidad de discriminación entre quienes dominaron el contenido y quienes no. Los valores de α (0.86-0.91 por eje; 0.93 global) evidencian consistencia interna excelente.

Tabla 13*Resumen de la prueba de conocimiento pre y post*

Eje	Ítems	Media Post (0–10)	DE	α	p promedio	r (bis) promedio	Nivel de confiabilidad
Eje 1 – Normatividad	10	8.9	1.1	0.88	0.79	0.56	Alta
Eje 2 – Gestión de proyectos	10	9.2	0.9	0.91	0.84	0.60	Muy alta
Eje 3 – Sustentabilidad	10	8.5	1.2	0.86	0.77	0.54	Alta
Total (30 ítems)	30	26.6 / 30	2.3	0.93	0.80	0.56	Excelente confiabilidad global

Los resultados sugieren que el instrumento mide de forma fiable el aprendizaje alcanzado en las tres áreas del programa ML.

5.6.5. Microevaluaciones por módulo (quizz ≤ 5 ítems)

Las microevaluaciones (Anexo A5) se concibieron como termómetros rápidos al final de cada micromódulo. Cada quizz incluyó cinco ítems de opción múltiple o microcasos apoyados en una imagen, con criterio de logro del 80 %.

Además de la puntuación, se analizaron métricas de analítica de aprendizaje: tasa de finalización, tiempo de permanencia, errores recurrentes por ítem. Estos datos permitieron localizar puntos de confusión y ajustar la redacción o el enfoque de los microcontenidos (Shute, 2019).

Los pilotos de los tres módulos (normatividad, gestión de proyectos y sustentabilidad) se aplicaron a 15 ingenieros y mostraron medias entre 3.5 y 4.4/5, con confiabilidades que oscilaron entre 0.71 (aceptable) y 0.91 (muy alta) (Tablas 14-19). El módulo de sustentabilidad requirió ajustes finos para elevar su consistencia interna, aunque ya mostraba niveles aceptables para uso formativo.

Tabla 14

Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de normatividad

Variable	Descripción
n	Participantes = 15
Sexo	12 hombres (80%), 3 mujeres (20%)
Edad promedio	41 años (rango 34–50)
Experiencia profesional	73% con más de 15 años
Sector laboral	60% privado, 27% público, 13% independiente

Tabla 15

Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de normatividad

Módulo	Media (M)	DE	% ≥ 4	α de Cronbach	Nivel de confiabilidad	Interpretación global
Módulo 1. Normativa y Seguridad	4.2	0.7	80%	0.88	Alta	Buen dominio general de normas; se recomienda reforzar criterios RCDF y CFE

Tabla 16*Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de gestión de proyectos*

Variable	Descripción
n	Participantes
Sexo	12 hombres (80%), 3 mujeres (20%)
Edad promedio	41 años (rango 33–50)
Experiencia profesional	73% con más de 15 años
Sector laboral	60% privado, 27% público, 13% independiente
Modalidad de trabajo	80% presencial o mayormente presencial

Tabla 3*Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de gestión de proyectos*

Módulo	Media (M)	DE	% ≥ 4 puntos	α de Cronbach	Nivel de confiabilidad	Interpretación global
Módulo 2. Gestión de Proyectos	4.4	0.7	87%	0.91	Muy alta	Módulo altamente consistente; resultados sólidos en control y planeación; reforzar interpretación de SPI y Valor Ganado.

Tabla 18*Perfil general de la muestra del piloto de las microevaluaciones de sustentabilidad y desarrollo ambiental*

Variable	Descripción
n	Participantes
Sexo	12 hombres (80%), 3 mujeres (20%)
Edad promedio	41 años (rango 33–48)
Experiencia profesional	68 % con más de 15 años
Sector laboral	58 % privado, 27% público, 15 % independiente
Modalidad de trabajo	% presencial o mayormente presencial

Tabla 19*Resumen de los resultados del piloto de las microevaluaciones de sustentabilidad y desarrollo ambiental*

Módulo	Media	DE	% ≥ 4	α de	Nivel de	Interpretación global
--------	-------	----	------------	-------------	----------	-----------------------

	(M)	puntos		Cronbach	confiabilidad	
Módulo 3. Sustentabilidad y desarrollo ambiental.	3.5	1.73	77%	0.71	Aceptable	Módulo con moderada consistencia.

5.6.6. Rúbrica de tarea auténtica (transferencia)

El nivel de transferencia se evaluó mediante rúbricas analíticas asociadas a tareas auténticas por módulo (Anexo A6). En el caso de normatividad y seguridad, por ejemplo, se pidió a los participantes elaborar una matriz de cumplimiento aplicable a una obra real, con evidencias documentales.

La rúbrica incluyó criterios observables (identificación de normativas, matriz de cumplimiento, aplicación al contexto, evidencias y presentación), cada uno valorado en una escala de 1 a 4. La suma de criterios se transformó luego a rangos de interpretación: 18-20 puntos (competencia demostrada con alto nivel), 15-17 (satisfactoria), 12-14 (en desarrollo) y ≤ 11 (no satisfactoria).

La evaluación se apoyó en evidencias reales: capturas de pantalla, minutas, listas de verificación firmadas. De esta manera, la transferencia no se infirió a partir de declaraciones, y también de productos concretos de la práctica.

5.6.7. Listas de verificación *in situ*

Para complementar la perspectiva de la rúbrica, se diseñaron listas de verificación aplicadas *in situ* (Anexo A7). Estas *checklists*, organizadas por módulos, permitieron registrar de manera binaria (cumple/no cumple) la presencia de prácticas, documentos y condiciones técnicas clave en obra.

El diseño modular se centró en tres ejes: normatividad, gestión eficaz y sustentabilidad. La literatura ha documentado la utilidad de este tipo de instrumentos para

mejorar la confiabilidad y reducir fallos en sistemas complejos, como los proyectos de construcción (Serrador & Turner, 2015).

En normatividad, por ejemplo, se verificó el uso de equipo de protección personal y la existencia de protecciones perimetrales, en línea con metaanálisis que muestran la eficacia de la supervisión sistemática en la reducción de accidentes (Guo et al., 2016).

En gestión de proyectos se revisaron indicadores de Valor Ganado, dado su papel como predictor de costo y tiempo finales (De Marco et al., 2024).

En sustentabilidad se observaron prácticas de gestión de residuos, uso de materiales regionales y estrategias bioclimáticas, coherentes con los objetivos actuales de reducción de huella ambiental (Bruyninckx et al., 2024).

5.6.8. Cuestionario de evaluación del programa de microlearning

La percepción de los participantes sobre el programa de ML se recogió mediante un cuestionario de 14 ítems Likert y dos preguntas abiertas (Anexo A8). Las dimensiones incluyeron satisfacción general, claridad y relevancia, aplicabilidad, flexibilidad y facilidad de uso, calidad de materiales, interacción y soporte técnico.

La meta fue alcanzar medias $\geq 4/5$ en cada dimensión y alfas de Cronbach entre 0.80 y 0.90. La prueba piloto con 15 ingenieros mostró una media global de 4.39/5 y una calificación general de 9.0/10, con alfa global de 0.91 (Tablas 20-22).

Los participantes valoraron especialmente la claridad de los contenidos, la pertinencia para la práctica y la calidad de los materiales; señalaron como área de mejora la interacción entre colegas, lo que abre la puerta a reforzar los componentes colaborativos del programa.

Tabla 20

Perfil general de la muestra del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML

Variable	Descripción
Participantes (n)	15 IC
Edad promedio	42 años (rango 34–51)
Sexo	12 hombres (80%), 3 mujeres (20%)
Grado académico	10 licenciaturas (67%), 5 maestrías (33%)
Experiencia profesional	60% más de 15 años; 40% entre 6 y 15 años
Familiaridad tecnológica	47% media, 53% alta

Tabla 21

Resumen de los resultados por dimensión del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML

Dimensión	Ítems	Media (1–5)	DE	α de Cronbach	Interpretación	Resumen cualitativo
Satisfacción general	1-2	4.6	0.5	0.88	Alta	Los participantes se muestran satisfechos y dispuestos a recomendar el programa.
Claridad y relevancia	3-4	4.5	0.6	0.86	Alta	Los contenidos se perciben actualizados, claros y pertinentes para la práctica profesional.
Aplicabilidad y desarrollo profesional	5-6	4.3	0.7	0.84	Alta	El aprendizaje se aplica a proyectos reales, con mejoras en gestión y planeación.
Flexibilidad y facilidad de uso	7-8	4.4	0.6	0.81	Alta	La modalidad ML se adapta bien a los tiempos laborales; plataforma funcional.
Calidad de materiales	9-10	4.5	0.5	0.83	Alta	Videos, guías y casos prácticos son percibidos como útiles y bien diseñados.
Interacción con participantes	11-12	4.1	0.8	0.77	Aceptable	Se sugiere fomentar más foros o espacios de intercambio.
Soporte técnico	13-14	4.3	0.6	0.82	Alta	Los incidentes técnicos fueron mínimos y resueltos oportunamente.
Total, escala (14 ítems)	-	4.39	0.64	0.91	Excelente confiabilidad	Instrumento válido y estable para evaluar

Dimensión	Ítems	Media (1–5)	DE	α de Cronbach	Interpretación	Resumen cualitativo
					global	programas ML.

Tabla 22

Resumen de los resultados de la calificación general de los módulos del piloto del cuestionario de evaluación del programa de ML

Rango	Frecuencia	Porcentaje
9–10 (muy satisfechos)	9	60%
8 (satisfechos)	4	27%
7 (neutros positivos)	2	13%
1–6 (insatisfechos)	0	0%

Se concluye que el Cuestionario de Evaluación del Programa de ML (Anexo A8) muestra excelente confiabilidad ($\alpha=.91$) y validez de contenido robusta.

5.6.9. Guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML

La guía de entrevista semiestructurada (Anexo A9) se diseñó para explorar con mayor detalle la experiencia de los participantes con el programa de ML: utilidad percibida, barreras, facilitadores, cambios en la práctica.

Las entrevistas fueron grabadas y transcritas con consentimiento. Se realizó doble codificación en el 20 % de las transcripciones y se monitoreó la curva de acumulación de códigos para justificar la saturación (Saunders et al., 2018).

La prueba piloto con 5 ingenieros (Tablas 23-25) arrojó medias entre 4.1 y 4.6/5 por dimensión y alfa global de 0.88, lo que indica buena consistencia interna aun con muestra pequeña. Las narrativas resaltaron la claridad, la aplicabilidad práctica y la conveniencia del formato breve; se sugirió incrementar los casos locales y los espacios de intercambio entre pares.

Tabla 23

Perfil general de la muestra del piloto de la guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML

Variable	Descripción
n	Participantes
Sexo	4 hombres (80%), 1 mujer (20%)
Edad promedio	40 años (rango 36–45)
Experiencia profesional	60% con más de 15 años
Familiaridad tecnológica	40% media, 40% alta, 20% baja

Tabla 24

Resumen de los resultados por dimensión del piloto de la guía de entrevista semiestructurada sobre la experiencia con ML

Dimensión analizada	Núm. ítems	Media (1–5)	DE	α de Cronbach	Nivel de consistencia	Resumen de resultados
Satisfacción y experiencia de usuario	4	4.4	0.7	0.83	Alta	Los participantes aprecian la claridad de los contenidos y la estructura de los módulos.
Impacto en desempeño y aplicación profesional	4	4.2	0.8	0.79	Aceptable-alta	Perciben mejoras en gestión de obra y documentación técnica.
Calidad y relevancia del contenido	4	4.5	0.5	0.85	Alta	Consideran los temas actualizados y útiles; piden incluir normativas ambientales.
Interacción, flexibilidad y motivación	4	4.1	0.7	0.76	Aceptable	Se valora la autonomía para aprender; se sugiere mayor interacción entre colegas.
Propuestas de mejora y valoración global	4	4.6	0.4	0.88	Alta	El grupo propone ampliar módulos y añadir casos prácticos locales.
Total, escala (20 ítems)	20	–	–	0.88	Alta confiabilidad global	Muestra coherencia y consistencia interna adecuada para una prueba piloto.

Tabla 25

Satisfacción general del piloto de la guía de entrevista sobre la experiencia con ML

Rango	Frecuencia	Porcentaje
9–10 (muy satisfechos)	3	60%
7–8 (satisfechos)	2	40%
1–6 (neutros/insatisfechos)	0	0%

Se puede afirmar que el instrumento es **válido y consistente** para seguir aplicándose en grupos pequeños y etapas iniciales de implementación.

5.6.10. Guía de clínica de casos. Comunidad de práctica

La guía de clínica de casos (Anexo A10) se concibió como herramienta para organizar sesiones de 90 minutos en una Comunidad de Práctica (CoP) orientada al análisis de casos reales en Cancún.

Los objetivos fueron claros: crear un espacio colaborativo para el análisis interdisciplinario, fortalecer capacidades en normatividad, gestión y sustentabilidad, y generar soluciones contextualizadas para problemas recurrentes de obra.

La CoP reunió IC, urbanistas, especialistas en geotecnia, consultores ambientales y juristas de la construcción.

Cada caso incluyó descripción del proyecto, situación a resolver, información disponible, alternativas y resultados. Al cierre de la sesión se seguía un ciclo PDCA para acordar acciones y documentarlas en un repositorio colectivo. La CoP funcionó como un mecanismo de aprendizaje organizacional con productos verificables.

5.6.11. Guía de entrevista semiestructurada para el profesor que empleó microlearning

La guía dirigida al profesorado (Anexo A11) se construyó como un instrumento cualitativo orientado a comprender la implementación de ML desde la perspectiva docente. Se apoyó en el modelo de Kirkpatrick (2016) y en marcos como la andragogía (Knowles et al., 2015), el modelo de ML efectivo (Joo et al., 2021) y TPACK (Mishra & Koehler, 2006).

Se organizaron cuatro dimensiones: factores de implementación, procesos de enseñanza-aprendizaje, resultados e impacto, y mejora continua. El objetivo fue identificar condiciones habilitantes, estrategias pedagógicas, evidencias de impacto y propuestas de ajuste.

La guía se aplicó a 8 docentes con experiencia previa en ML. Los resultados (Tablas 26-28) mostraron medias entre 4.3 y 4.7/5 y alfa global de 0.90. El profesorado coincidió en que el ML favorece la participación, la motivación y la transferencia al trabajo, aunque señalaron como retos el tiempo de diseño y la necesidad de incrementar la interacción y los ejemplos de campo.

Tabla 26

Perfil general de la muestra de la guía de entrevista semiestructurada para el profesor de ML

Variable	Descripción
n	Profesores participantes = 8
Sexo	6 hombres (75%), 2 mujeres (25%)
Edad promedio	45 años (rango 38–52)
Grado académico	6 maestrías (75%), 2 Doctorados (25%)
Experiencia docente	Promedio de 14 años (rango 8–22)
Familiaridad tecnológica	100% nivel medio o alto
Contexto educativo	Educación superior y formación continua en ingeniería

Tabla 27

Resumen de los resultados por dimensión de la guía de entrevista semiestructurada para el profesor de ML

Dimensión analizada	N.º ítems	Media (1-5)	DE	α de Cronbach	Nivel de consistencia	Resumen cualitativo
1. Percepción general y efectividad del ML	2	4.7	0.4	0.82	Alta	Los docentes consideran que el ML cumple expectativas, mejora el logro de resultados y mantiene coherencia con los objetivos del curso.
2. Motivación y compromiso estudiantil	2	4.4	0.6	0.84	Alta	Perciben mayor participación y autonomía; destacan el atractivo visual y la brevedad de los recursos.
3. Adaptabilidad y retroalimentación	2	4.3	0.6	0.78	Aceptable-alta	Identifican buena adaptación a estilos de aprendizaje, aunque algunos alumnos requieren acompañamiento inicial.
4. Beneficios y desafíos del ML	2	4.5	0.5	0.86	Alta	Mencionan mejor retención, claridad conceptual y acceso flexible; principales retos: tiempo de diseño y curaduría de contenidos.
5. Contenido, optimización y propuestas de mejora	2	4.6	0.4	0.88	Alta	Consideran que el ML es idóneo para temas normativos y prácticos; sugieren aumentar interacción y ejemplos de campo.
Total, escala (10 ítems)	10	-	-	0.90	Excelente confiabilidad global	La guía presenta coherencia y estabilidad en las percepciones docentes.

Tabla 28

Resumen de la calificación del programa por los profesores que emplearon ML

Rango de calificación	Frecuencia	Porcentaje
9–10 (muy satisfechos)	5	62.5%
8 (satisfechos)	2	25%
7 (moderadamente satisfechos)	1	12.5%
1–6 (insatisfechos)	0	0%

La Guía de entrevista para el profesor de ML (Anexo A11) muestra una confiabilidad global excelente ($\alpha = .90$) y una alta validez de contenido, siendo adecuada para estudios cualitativos de triangulación en contextos educativos con enfoque en ML.

5.6.12. Plan de mejora continua

La mejora continua dejó de ser un lema y se tradujo en un plan explícito basado en el ciclo PDCA, documentado en una matriz de cambios y justificaciones (Anexo A12).

El modelo, originalmente desarrollado por Shewhart y popularizado por Deming (1986), opera como un experimento permanente: se formula una hipótesis de mejora, se ejecuta a pequeña escala, se comparan resultados con lo esperado y se decide si se estandariza, ajusta o descarta el cambio (Langley et al., 2009).

La matriz de cambios registró, para cada ajuste, el problema detectado, la decisión tomada, la evidencia utilizada y el resultado observado. Este registro funcionó como memoria organizacional del proyecto y como prueba de que la mejora se había institucionalizado en los procesos del CICC.

5.6.13. Plan de validez, confiabilidad y calidad de los instrumentos

La calidad métrica del conjunto de instrumentos se gestionó bajo un plan explícito con varias fuentes de evidencia:

- Validez de contenido: panel de cinco expertos (ingeniería civil, normatividad, gestión, sustentabilidad, diseño instruccional) que evaluaron claridad, relevancia y cobertura de cada ítem.
- Consistencia interna: cálculo sistemático del alfa de Cronbach en las escalas tipo Likert, con valores globales ≥ 0.90 en los instrumentos principales.

- Fiabilidad interevaluador: uso del coeficiente kappa (κ) en una submuestra del 20 % de productos evaluados con rúbricas y listas de verificación, con meta de $\kappa \geq 0.70$.
- Usabilidad y accesibilidad: revisión mediante lista de verificación de formato, legibilidad, navegación y compatibilidad con dispositivos móviles.
- Trazabilidad: repositorio centralizado con versiones de instrumentos, actas y registros de cambios en cada ciclo PDCA.

Este plan garantizó que las decisiones sobre el programa de ML se apoyaran en datos recogidos con instrumentos sólidos y bien documentados.

5.7. Marco muestral, criterios de inclusión/exclusión y tasas de respuesta

5.7.1. Marco muestral

El marco muestral estuvo constituido por el padrón de 125 IC afiliados activos al CICC (corte 2025), con variables disponibles para segmentación: edad, años de experiencia, área de práctica, familiaridad digital y ejercicio profesional reciente.

La invitación a participar se difundió por correo electrónico institucional y lista de difusión del Colegio, con dos recordatorios (día 3 y día 7). El cuestionario se habilitó en línea y se ofreció apoyo presencial en las oficinas del CICC para quienes lo requirieran.

5.7.2. Criterios de inclusión y exclusión (cuantitativo)

Se incluyeron miembros activos que ejercían funciones ligadas a la ingeniería civil en los últimos 12 meses, que aceptaron el consentimiento informado y completaron al menos el 70 % de los ítems. Se excluyeron miembros inactivos, personas en puestos estrictamente administrativos sin vínculo técnico reciente, respuestas duplicadas y respuestas de baja calidad (patrones planos o fallos en ítems de atención).

Se controló el posible conflicto de interés excluyendo del análisis de satisfacción a integrantes del equipo de diseño instruccional.

5.7.3. Tasas de respuesta (cuantitativo)

En la encuesta diagnóstica se enviaron 125 invitaciones, se iniciaron 34 cuestionarios y se obtuvieron 30 respuestas válidas, lo que representa una tasa de respuesta del 24 % y una tasa de completitud del 88.2 %. Estos valores se sitúan en el rango esperado para encuestas dirigidas a profesionales con alta carga de trabajo y sin incentivos económicos (Glidewell et al., 2012; Zha et al., 2020).

Se compararon variables básicas de respondientes y no respondientes (sexo, edad, años de afiliación) para valorar posibles sesgos de selección. Dado el carácter piloto de la intervención y la orientación aplicada del estudio, se consideró aceptable trabajar con muestreo no probabilístico de conveniencia (encuesta) e intencional (entrevistas), priorizando la profundidad y la coherencia de los hallazgos sobre la inferencia estadística al total del padrón.

5.7.4. Criterios de inclusión/exclusión (cualitativo) y saturación

En el componente cualitativo se aplicó muestreo intencional con máxima variación, combinando años de experiencia, familiaridad digital, área de práctica y tamaño de empresa. Se exigió disponibilidad para entrevistas de 30-45 minutos, consentimiento para grabación y disposición para compartir evidencias de práctica.

Se excluyeron entrevistas con audio ininteligible, casos con pérdida importante de contenido por fallas técnicas y participantes vinculados directamente al diseño de los micromódulos.

La saturación se definió operativamente cuando en dos entrevistas consecutivas por segmento no emergieron códigos de segundo nivel y los nuevos fragmentos solo añadieron ejemplos a categorías ya establecidas. Se monitoreó la curva de acumulación de códigos, que mostró estabilización global alrededor de la entrevista 12 de 15.

En perfiles con alta familiaridad digital se alcanzó antes; en ingenieros con más de 25 años de experiencia y baja familiaridad, la saturación se alcanzó de manera más tardía, con aportes valiosos sobre barreras de adopción y necesidad de acompañamiento.

5.7.5. Criterio de saturación y evidencia

Definición operativa de saturación: se declaró saturación temática cuando, en dos entrevistas consecutivas dentro de un mismo segmento (p. ej., experiencia > 25 años y familiaridad digital baja), no emergieron códigos nuevos de nivel 2 (subcategorías) en el esquema de codificación, y los nuevos fragmentos solo reforzaron propiedades de categorías existentes sin modificar la estructura axial.

Procedimiento de comprobación:

Auditoría de crecimiento del código. Se graficó la curva de acumulación (códigos únicos vs. número de entrevistas) por segmento; se consideró criterio de estabilidad cuando la pendiente fue ≤ 0.10 códigos/entrevista en los últimos tres casos del segmento.

Matriz de convergencia (DITRIAC). Para cada pregunta de investigación, se cruzaron los hallazgos cuantitativos (frecuencias, medias, varianzas) con cualitativos (citas ancla, categorías), registrando si la nueva evidencia agregaba categorías, redefinía propiedades o solo densificaba explicaciones.

Evidencia de saturación (piloto). A nivel global, la curva de acumulación mostró estabilización en la entrevista 12 (de 15), con < 5% de códigos nuevos y 0 categorías nuevas en las últimas tres entrevistas, manteniendo densificación (más ejemplos y condiciones de aplicación) sin alterar el armazón conceptual.

Por segmentos, la saturación se alcanzó de forma más temprana en perfiles con familiaridad digital alta (entrevistas 8-9) y más tardía en > 25 años / familiaridad baja (entrevistas 12-13), donde aparecieron matices sobre barreras de adopción y preferencias por

acompañamiento síncrono.

Las clínicas de caso aportaron propiedades que densificaron categorías existentes, pero no derivaron en nuevos ejes.

Control de calidad cualitativa: se realizó doble codificación en el 20% de las transcripciones y se reportó acuerdo intercodificador (κ) para los códigos más frecuentes; las discrepancias se resolvieron mediante consenso y actualización del libro de códigos.

5.8. Integración y diseño mixto de la investigación

El estudio se inscribe en un diseño mixto secuencial explicativo (Figura 4) de carácter aplicado y participativo, sustentado en el paradigma pragmático. La secuencia fue clara: primero se recolectaron y analizaron datos cuantitativos; después se recogió y analizó información cualitativa para explicar, matizar y contrastar los patrones numéricos.

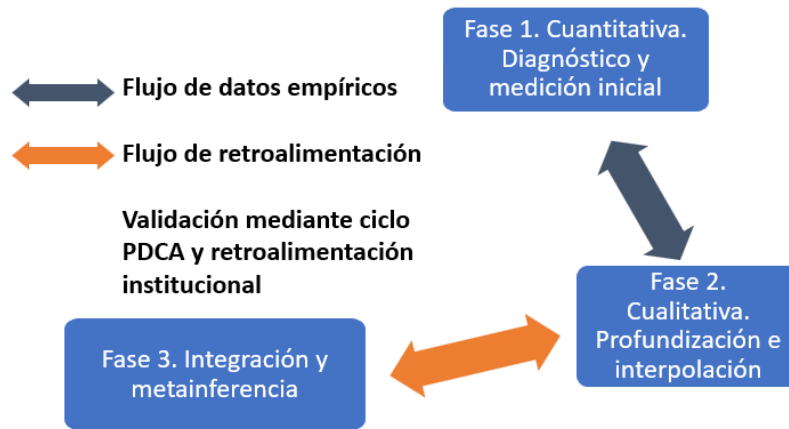
En la fase cuantitativa se aplicaron la encuesta diagnóstica, las pruebas pre-post y las microevaluaciones. Se estimaron medias, desviaciones estándar, pruebas t pareadas y tamaños de efecto. Los resultados permitieron dimensionar las necesidades formativas, el impacto del microlearning y la satisfacción de los participantes.

La fase cualitativa retomó esos hallazgos como punto de partida. Entrevistas a ingenieros y docentes, listas de verificación en obra y clínicas de caso en comunidad de práctica aportaron contexto, historias y significados: cómo se vivió la experiencia formativa, qué facilitó la aplicación de lo aprendido, qué obstáculos persistieron.

La integración se realizó mediante metainferencia (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020), enlazando resultados estadísticos con categorías cualitativas y buscando convergencias, divergencias y complementariedades. Esta estrategia permitió reforzar la validez interpretativa (Creswell & Creswell, 2018).

Figura 4

Diseño de enfoque mixto secuencial explicativo



5.9. Matriz de metainferencia DITRIAC

La matriz de metainferencia DITRIAC (Diseño-Implementación-Triangulación-Relación-Integración-Análisis-Conclusión) sintetiza el proceso de integración entre los resultados cuantitativos y cualitativos (Tabla 29).

La matriz describe, por etapa, el tipo de evidencia disponible, la forma en que se integró y la conclusión emergente. El resultado central puede formularse de manera directa: el microlearning mostró eficacia para el desarrollo de competencias técnicas, pero su impacto pleno dependió del acompañamiento pedagógico y de la interacción profesional en torno a los contenidos.

El análisis de integración se llevó a cabo en tres niveles:

- Estructural: el diagnóstico cuantitativo definió ejes y guio la fase cualitativa.
- Analítico: los cambios en puntajes pre-post se relacionaron con relatos de aplicabilidad y relevancia profesional.

- Interpretativo: se identificó la paradoja autonomía-acompañamiento: los participantes valoran la flexibilidad del ML, pero una parte importante demanda espacios de tutoría y comunidad para sostener la transferencia.

Este tejido de evidencias, plasmado en la matriz DITRIAC, permitió que la metodología generara una comprensión más densa del fenómeno estudiado. La decisión de fondo es clara: cualquier modelo de actualización profesional basado en microlearning para el CICC deberá conservar esta combinación de autonomía, tutoría y evaluación auténtica si pretende ser sostenible y transferible a otros colegios de IC en México.

Tabla 29

Matriz de Metainferencia DITRIAC del estudio

Etapa (D-I-T-R-I-A-C)	Componente	Evidencia empírica (Cuantitativa / Cualitativa)	Integración e interpretación mixta	Meta-inferencia / Conclusión emergente
D - Diseño	Tipo de diseño	Secuencial explicativo mixto, de investigación- acción.	El componente cuantitativo sirvió como diagnóstico y punto de partida; el cualitativo profundizó en las percepciones y contexto.	La secuencia permitió comprender qué cambió tras el microlearning, y también por qué ocurrió y en qué condiciones.
I - Implementación	Fases operativas	Aplicación de cuestionarios diagnósticos (n=30), pruebas pre/post y entrevistas a 15 participantes.	Los datos cuantitativos identificaron brechas de conocimiento y desempeño; los cualitativos contextualizaron las causas.	La intervención se adaptó dinámicamente a los resultados de la primera fase, evidenciando un ciclo iterativo PDCA.
T - Triangulación	Fuentes y métodos	Pruebas de conocimiento, entrevistas y listas de verificación en obra.	La convergencia entre las pruebas y las entrevistas confirmó coherencia entre lo que los participantes aprendieron y	Se validó la consistencia entre desempeño medido y percepción subjetiva: aprendizaje situado y

Etapa (D-I-T-R-I-A-C)	Componente	Evidencia empírica (Cuantitativa / Cualitativa)	Integración e interpretación mixta	Meta-inferencia / Conclusión emergente
R - Relación de resultados	Correspondencia entre dimensiones	Cuantitativo: mejora significativa ($\Delta = +3$ puntos en escala 0-10). Cualitativo: discursos de aplicabilidad y relevancia profesional.	aplicaron. Los incrementos cuantitativos se correlacionaron con narrativas que enfatizaron la utilidad práctica y pertinencia contextual.	transferible. La efectividad del ML radica en la ganancia cognitiva, y en su conexión con la práctica profesional.
I - Integración	Puntos de convergencia y divergencia	Coincidencia en la mejora de competencias normativas y procedimentales. Divergencia en la preferencia por autonomía (jóvenes) vs. tutoría (mayores).	Las diferencias intergrupales enriquecen la comprensión del fenómeno: ambos grupos reconocen eficacia, pero con motivaciones distintas.	Emergió la paradoja autonomía- acompañamiento, que explica la necesidad de modelos híbridos con flexibilidad y tutoría personalizada.
A - Análisis interpretativo	Mecanismo de validación	Análisis comparativo t-test + codificación axial y triangulación temática.	La combinación permitió vincular magnitud del cambio ($t = -3.30$, $p < .01$) con categorías interpretativas (‘necesidad de guía’, ‘autonomía digital’).	Se fortaleció la validez interpretativa (Creswell & Creswell, 2018), articulando evidencia objetiva y subjetiva.
C - Conclusión	Síntesis integradora	Validación empírica de la estrategia ML y su impacto diferenciado según edad y experiencia tecnológica.	La integración cuantitativo- cualitativa permitió construir un modelo formativo situado, flexible y replicable.	La estrategia ML es eficaz y sostenible en la medida en que combine autonomía, tutoría y evaluación auténtica en un marco de mejora continua PDCA.

La matriz DITRIAC integra las fases del diseño mixto y la relación dialógica entre

datos cuantitativos y cualitativos, sirviendo como fundamento para la metainferencia principal: el microlearning es eficaz para la adquisición de competencias técnicas, pero su impacto integral depende del acompañamiento pedagógico y la interacción profesional.

Capítulo 6. Resultados

6.1. Resultados de la entrevista para determinar si se necesitan cursos

El análisis de las entrevistas semiestructuradas (Anexo A1), codificado mediante procedimientos axiales, dejó poco margen a la duda: la oferta formativa del Colegio se percibe como insuficiente, poco visible y alejada de las exigencias actuales de la ingeniería civil.

Esta lectura surge de un patrón reiterado que atraviesa los testimonios y se condensa en tres grandes núcleos: cómo se vive hoy la capacitación en el CICC, por qué se considera urgente un programa formal de actualización y en qué condiciones estaría dispuesto el gremio a comprometer su tiempo y su energía.

La primera línea de sentido se configura alrededor de una percepción de escasez y desactualización. Varios ingenieros describen la oferta actual como “escasa”, “esporádica” o “centrada en temas tradicionales” (E1, E4, E14), etiquetas que apuntan a una agenda fragmentada, poco sistemática y débilmente articulada con los cambios normativos, tecnológicos y de mercado.

La consecuencia no es menor: el Colegio aparece en el discurso como una institución que “no se preocupa” lo suficiente por la actualización (E2, E10), o que mantiene un potencial “en estado de latencia” (E14). Se trata de un malestar estructural: la formación continua existe, pero no alcanza.

La segunda línea articula el fundamento de la necesidad. Las expresiones “absolutamente necesario”, “obligación” o “para evitar la obsolescencia técnica” (E5, E8, E15) muestran que la actualización se concibe como una condición de supervivencia

profesional.

La demanda no es genérica: se pide actualización en normatividad, tecnologías emergentes (BIM, modelación digital), gestión de proyectos y contenidos “adecuados a la zona” (E4, E6, E9), impartidos por especialistas con experiencia real en contextos similares a Cancún y la región. La necesidad aparece atravesada por una doble exigencia: pertinencia técnica y pertinencia territorial.

La tercera línea define las características de la solución deseada. El consenso se inclina con claridad hacia formatos flexibles, breves y modulares, compatibles con jornadas extensas y trabajos de campo.

Se mencionan explícitamente “cursos modulares de pocas horas” (E2, E3), sesiones teóricas en línea complementadas con prácticas presenciales los sábados (E5, E6) y acceso asincrónico a contenidos grabados (E9, E10). El ML se convierte en la etiqueta práctica de este modelo: cápsulas cortas, consumibles desde el móvil, que permitan aprender “entre obra y obra” sin sacrificar tiempos productivos. La demanda incluye, además, una plataforma centralizada y estable, que evite la dispersión actual de recursos y canales (E12, E13).

La Tabla 30 sintetiza esta información al cruzar las tres preguntas de la entrevista, estado actual, necesidad de cursos y formatos preferidos, con las categorías emergentes y los códigos de cada participante. El cuadro muestra con nitidez la convergencia: percepción de oferta pobre o desalineada, reconocimiento amplio de la necesidad y preferencia por un modelo flexible, híbrido y multiplataforma.

En conjunto, la codificación axial evidencia una brecha nítida entre una oferta percibida como débil y una necesidad vivida como urgente. Los resultados respaldan la viabilidad de una estrategia de actualización profesional, y ofrecen un mapa bastante preciso de por dónde comenzar: contenidos contextualizados, docentes en activo, horarios fuera de jornada y una infraestructura digital unificada.

Dicho de manera directa, el Colegio tiene frente a sí una oportunidad práctica: pasar

de una oferta dispersa a un programa estructurado que responda a las condiciones reales de trabajo de sus agremiados.

Tabla 30

Resultados de la entrevista para determinar si se necesitan cursos de actualización profesional en el CICC

	Pregunta 1. Estado actual de la actualización profesional		Pregunta 2. Necesidad de cursos		Pregunta 3. Característica de formatos	
Código	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente
E1, H, 58, M/Esp.	"Insuficiente y esporádica, con desfase tecnológico."	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	“Claro que son necesarios, pero en el Colegio no se preocupan por eso.”	Necesidad reconocida con crítica institucional	“Que no sea en horas laborables, de preferencia los sábados.”	Flexibilidad horaria (fuera de jornada laboral)
E2, H, 56, L	“Hay muy pocos cursos en el Colegio”	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	"Absolutamente necesario por cambios en normativa y materiales."	Necesidad imperativa por actualización técnica y normativa	"Cursos modulares de pocas horas, en las tardes."	ML y horario accesible
E3, H 59, L	“Los cursos que ofrecen son muy raros, casi no hay”	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	“Sí, sobre todo en Reglamentos y Contabilidad .”	Necesidad imperativa por actualización técnica y normativa	"Cursos modulares, de pocas horas”	ML y horario accesible
E4, M, 49, L	"Limitada, centrada en temas tradicionales, falta agenda robusta."	Percepción de oferta irrelevante y no estructurada	“Son necesarios. Cursos adecuados a la zona.”	Necesidad de contenidos contextualizados y pertinentes	“Sería bueno que no interfiriera con el trabajo”	Flexibilidad horaria (fuera de jornada laboral)
E5, H, 61, L	“Hay muy pocos cursos.”	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	"Crucial para la competitivid	Necesidad imperativa por	"Formato híbrido	Modalidad híbrida y

Pregunta 1. Estado actual de la actualización profesional			Pregunta 2. Necesidad de cursos		Pregunta 3. Característica de formatos	
Código	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente
			ad y exigencias del mercado."	competitividad profesional	(online teoría, sábados práctica), uso del móvil."	multiplataforma
E6, H, 54, L	"Como no hay en el Colegio, busco los cursos en línea."	Percepción de oferta insuficiente y desactualizada	"Sí, hacen falta. Serían útiles si les dan gente con experiencia y de la zona."	Necesidad de contenidos contextualizados y pertinentes	"Un formato híbrido es ideal. Poder ver la teoría en línea y asistir a sesiones prácticas presenciales los sábados."	Modalidad híbrida y multiplataforma
E7, H, 55, L	"Regular, esfuerzos aislados, falta programa estructurado."	Percepción de oferta irrelevante y no estructurada	"Creo que muchos desearían que hubiera cursos"	Necesidad percibida como demanda colectiva latente	Un sistema combinado de presencial y en línea, sería bueno."	Modalidad híbrida y multiplataforma
E8, M, 47, M/Esp.	"No me he enterado, que haya. Creo que solo hay para los PRO."	Percepción de oferta opaca y exclusiva	"No solo necesario, es una obligación en áreas como BIM."	Necesidad imperativa por actualización técnica y normativa	"Contenidos en 'píldoras' (vídeos cortos) accesibles desde cualquier dispositivo."	ML y horario accesible
E9, H 57, M/Esp.	"Hay muy pocos. Pero creo que a la gente no le	Percepción de oferta insuficiente y desinterés colectivo	"Sería bueno que aquí se dieran cursos que	Necesidad de contenidos contextualizados	"Flexibilidad horaria total (grabados)	Flexibilidad horaria (asincrónica y

	Pregunta 1. Estado actual de la actualización profesional		Pregunta 2. Necesidad de cursos		Pregunta 3. Característica de formatos	
Código	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente
	interesa mucho.”		necesitaran los ingenieros.”	os y pertinentes	o sábados por la mañana."	fines de semana)
E10, H, 55, L	“Hay muy pocos cursos y no a todos les interesa.”	Percepción de oferta insuficient y desinterés colectivo	“A todos los ingenieros nos debe interesar, para estar actualizados.”	Necesidad percibida como deber profesional	"Flexibilida d horaria total. Grabados para verlos en diferido.”	Flexibilidad horaria (asincrónica y fines de semana)
E11, H, 60, M/Esp.	"He tenido que buscar cursos por fuera, oferta escasa."	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	“Desde luego que sí. Son muy necesarios.”	Necesidad imperativa por actualización técnica y normativa	“Que se puedan ofrecer, unos en línea y otros presenciale s.”.	Modalidad híbrida y multiplatafor ma
E12, H, 53, L	“Casi no hay.”	Percepción de oferta insuficient y desactualizada	"Sí, pero que sean con valor real, no solo para 'cumplir'."	Necesidad condicionada a la utilidad y calidad práctica	"Accesibili dad desde cualquier dispositivo y plataforma centralizada ."	Plataforma unificada y accesibilidad multiplatafor ma
E13, H, 51, L	“Sí hay, pero no viene la gente.”	Percepción de oferta inefectiva desinterés colectivo	“Son necesarios para que no nos quedemos rezagados.”	Necesidad imperativa por competitividad profesional	"Accesibili dad desde cualquier dispositivo y que el colegio tenga una plataforma centralizada ."	Plataforma unificada y accesibilidad multiplatafor ma

Pregunta 1. Estado actual de la actualización profesional			Pregunta 2. Necesidad de cursos		Pregunta 3. Característica de formatos	
Código	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente	Respuesta Original (Resumen)	Categoría Emergente
E14, H, 52, M/Esp.	"En estado de latencia, potencial sin explotar, necesita modernidad."	Percepción de oferta irrelevante y no estructurada	Por supuesto, son necesarios. El Colegio debe promover el desarrollo profesional."	Necesidad percibida como deber institucional	"Sería bueno que los cursos usen las nuevas tecnologías."	Integración de herramientas digitales modernas
E15, H, 50, M/Esp.	"Sí hay, pero muy pocos, y no se ajustan a un plan de actualización."	Percepción de oferta insuficiente y no estructurada	"Por supuesto, para evitar la obsolescencia técnica."	Necesidad imperativa por competitividad profesional	"Una combinación en formatos, sería atractivo."	Modalidad híbrida y multiplataforma

La solución, desde la perspectiva de los entrevistados, requiere una reestructuración profunda que priorice contenidos pertinentes y de calidad, impartidos mediante formatos modernos, flexibles y accesibles.

6.2. Determinación de áreas prioritarias de actualización profesional

La identificación de las áreas prioritarias de actualización para el CICC se desarrolló mediante un procedimiento mixto, diseñado para que los resultados fueran útiles en la decisión curricular y no solo en términos descriptivos.

La estrategia combinó el análisis de la oferta formativa nacional con la demanda expresada por los propios IC de Cancún, articulando evidencia cuantitativa y cualitativa en una secuencia de pasos claramente documentada.

En la primera fase se sistematizó el Catálogo de cursos CICM (Anexo A2). Este catálogo, integrado por 131 cursos distribuidos en once campos disciplinarios, fue convertido

en una base de datos y sometido a codificación abierta.

A cada curso se le asignaron códigos relativos a competencias, procesos constructivos, normativas asociadas y tecnologías implicadas. El ejercicio permitió pasar de un listado disperso a un conjunto de conceptos comparables.

La codificación axial agrupó estos conceptos en subcategorías temáticas, lo que hizo visible una serie de patrones transversales que se repetían de un campo a otro.

A partir de este proceso emergieron cinco dominios conceptuales recurrentes: normatividad y regulación técnica; gestión y planeación de proyectos; sustentabilidad y medio ambiente; tecnologías de modelación y diseño; y contenidos económicos-administrativos vinculados al negocio de la construcción. Estos dominios se convirtieron en la primera hipótesis de trabajo sobre las posibles áreas de actualización.

La segunda fase trasladó la mirada a la demanda local. Se aplicó una encuesta de priorización a ingenieros colegiados en Cancún, utilizando la técnica de selección forzada: cada participante debía elegir veinte cursos del catálogo nacional que considerara prioritarios para su impartición en el Colegio.

Esta técnica, habitual en estudios de necesidades formativas, obliga a jerarquizar y reduce la tendencia a responder “todo es importante”, que suele diluir los resultados. La muestra se integró mediante muestreo intencional y por conveniencia, considerando ingenieros activos que participan de manera recurrente en actividades de actualización.

El análisis cuantitativo consistió en calcular la frecuencia de selección de cada curso y estimar su prioridad relativa. Se utilizó el percentil 75 como umbral para distinguir los cursos de mayor demanda, complementado por una matriz de ponderación que incorporó cuatro criterios: frecuencia de elección (0.40), impacto profesional (0.25), pertinencia regional (0.20) y viabilidad de impartición (0.15).

Los cursos con puntuaciones superiores a 0.75 se clasificaron como de “alta

prioridad”. El resultado fue un conjunto de cursos que combinaban demanda expresa, impacto percibido y factibilidad operativa.

En paralelo, se realizó un análisis cualitativo de los cursos seleccionados mediante codificación abierta y axial, con el fin de identificar patrones conceptuales en las preferencias del gremio.

Este análisis mostró una concentración clara en tres grandes líneas: cumplimiento normativo en obras públicas y privadas; procesos de gestión y control de proyectos (planificación, costos, contratos, control de cambios); y contenidos ambientales relacionados con la sustentabilidad, el impacto social y la gestión del riesgo.

La codificación selectiva permitió agrupar estos hallazgos en tres categorías amplias. La etapa de integración (meta-inferencia) combinó los resultados cuantitativos y cualitativos. Más del 70% de los cursos de alta prioridad se concentraban en tres áreas estratégicas:

1. Normatividad, asociada al cumplimiento de leyes, reglamentos técnicos y marcos regulatorios vigentes.
2. Gestión de proyectos, vinculada con planeación, programación, control, costos, contratos y metodologías contemporáneas de dirección de obra.
3. Sustentabilidad y desarrollo ambiental, centrada en prevención y mitigación de impactos, diseño sustentable, infraestructura verde y análisis de riesgos socioambientales.

Estas tres áreas se adoptaron como ejes de la estrategia de actualización del CICC porque representan el punto de intersección entre tres planos: lo que se ofrece a nivel nacional, lo que el gremio local declara necesitar y lo que el contexto regional exige ante el modelo urbano-turístico de Cancún y su entorno.

Con ello se asegura que la propuesta formativa sea un dispositivo coherente con la práctica profesional real.

6.2.1. Matriz DITRIAC determinar las áreas de actualización profesional

La Matriz DITRIAC se utilizó como herramienta de integración en métodos mixtos, con el propósito de vincular de manera sistemática los resultados cuantitativos y cualitativos del estudio y generar meta-inferencias transparentes.

En este proyecto la matriz permitió sintetizar el proceso de identificación de las áreas prioritarias, combinando el análisis estadístico de la priorización de cursos con el análisis temático de los contenidos del catálogo nacional.

La estructura DITRIAC se organiza en seis dimensiones: Descripción, Integración, Triangulación, Interpretación, Acciones y Conclusiones (Anexo A13).

Cada dimensión obligó a especificar cómo se describían los datos, de qué manera se integraban números y narrativas, qué consistencias y tensiones aparecían, qué lectura interpretativa se hacía de ellas y qué decisiones prácticas se derivaban para el diseño del programa de actualización.

La matriz funcionó, en sentido estricto, como puente entre la estadística y la toma de decisiones curriculares.

6.3. Resultados de la encuesta de necesidades de actualización profesional

El cuestionario diagnóstico (Anexo A3) se construyó siguiendo criterios de validez de contenido y constructo, apoyado en las directrices metodológicas de Hernández-Sampieri y Mendoza (2020) y Creswell y Creswell (2018).

El instrumento evaluó cinco dimensiones: A1 (Marco normativo), A2 (Sustentabilidad y desarrollo ambiental), A3 (Gestión de proyectos), C (Competencias digitales) y D (Preferencias formativas).

La muestra estuvo compuesta por 30 ingenieros colegiados, representativa del padrón activo. La edad media fue de 48 años (mediana = 51), con ligera asimetría hacia edades más

altas, lo que indica un predominio de profesionales en etapa intermedia o avanzada de su trayectoria.

En cuanto a experiencia, 67% supera los 15 años de ejercicio, 23% tiene entre 6 y 15 años y 10% se encuentra en los primeros años de práctica. Las principales áreas de desempeño son: gestión de proyectos y obra (40%), supervisión y dirección técnica (27%), diseño estructural (17%), hidráulica o transporte (10%) y docencia o consultoría (6%).

Este perfil confirma una diversidad funcional relevante y refuerza la pertinencia de diseñar programas de actualización segmentados por rol y trayectoria.

Eje A1. Marco normativo. Los resultados del Eje A1 muestran una percepción intermedia de necesidad de actualización (Tabla 31). La mayoría confía en su experiencia para interpretar y aplicar normas técnicas ($M=4.0$), pero reconoce vacíos en la documentación y la evidencia de cumplimiento ($M=3.5$).

El patrón coincide con lo descrito por Bates (2019), quien observa que, cuando no existen incentivos claros, los profesionales con alta carga operativa tienden a relegar la actualización regulatoria formal y se apoyan en rutinas aprendidas “sobre la marcha”. La Figura 5 ilustra esta brecha entre dominio técnico y formalización documental.

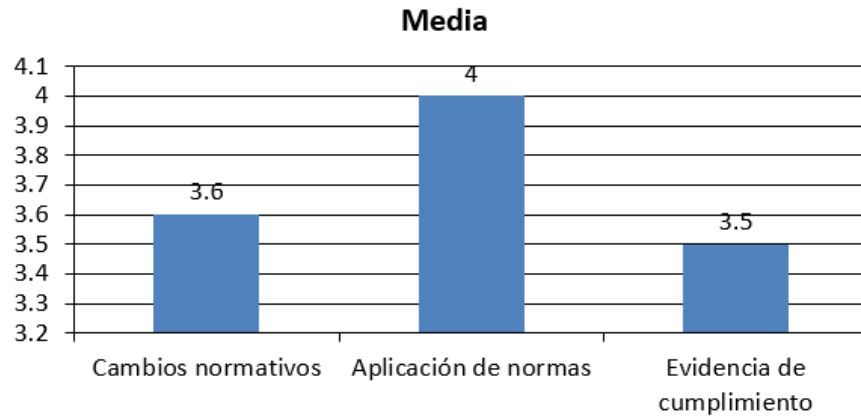
Tabla 31

Percepción respecto a la necesidad de actualización normativa

Ítem	Descripción	Media	Desv. Est.	Interpretación
A1.1	Conocimiento de cambios normativos	3.6	0.9	Actualización moderada
A1.2	Aplicación de normas técnicas	4.0	0.7	Dominio alto
A1.3	Evidencia de cumplimiento documental	3.5	1.0	Brecha leve

Figura 5

Percepción respecto a la necesidad de actualización normativa



Nota. Los participantes mostraron mayor dominio en la aplicación de normas técnicas ($M=4.0$), mientras que la evidencia de cumplimiento documental presenta menor consistencia ($M=3.5$).

Eje A2. Sustentabilidad y desarrollo ambiental. La dimensión de sustentabilidad aparece como la zona de mayor tensión. El 83% de los encuestados declara requerir actualización urgente en criterios ambientales, con énfasis en gestión hídrica, materiales de bajo impacto y eficiencia energética (Tabla 32).

Las medias superan el punto de 4.2 en todos los ítems, lo que indica que los ingenieros reconocen que su formación original no abordó estos temas con el detalle que hoy demandan la normativa y los proyectos urbanos en una región costera y turística.

La lectura se alinea con Illeris (2018), quien señala que el aprendizaje significativo en adultos se activa cuando el contenido se conecta con problemas concretos de su contexto; en Cancún, la presión sobre el agua, el calor urbano y los ecosistemas costeros no es una abstracción, es parte del trabajo cotidiano.

Tabla 32

Área de mayor interés en Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Ítem	Descripción	Media	Desv. Est.	Interpretación
------	-------------	-------	------------	----------------

A2.1	Diseño bioclimático y eficiencia energética	4.4	0.6	Alta prioridad
A2.2	Evaluación de impacto ambiental/social	4.5	0.7	Brecha crítica
A2.3	Selección de materiales sustentables	4.2	0.8	Alta pertinencia
A2.4	Gestión eficiente del agua y residuos	4.6	0.6	Relevancia inmediata

Eje A3. Gestión de proyectos. La Tabla 33 muestra resultados equilibrados en gestión de proyectos. Las medias oscilan entre 3.6 y 4.1, con competencias sólidas en planificación y coordinación interdisciplinaria, y una necesidad más marcada en la gestión de restricciones y cambios ($M=3.6$).

La situación recuerda lo planteado por Mintzberg (1994) sobre la brecha entre la dirección técnica y la gestión organizacional: se domina el cálculo y la programación, pero la administración de imprevistos, contratos y decisiones tácticas bajo presión todavía presenta margen de mejora.

Tabla 33

Competencias de Gestión de proyectos y coordinación

Ítem	Descripción	Media	Desv. Est.	Interpretación
A3.1	Planificación y control de obra	3.9	0.8	Competencia consolidada
A3.2	Gestión de restricciones y cambios	3.6	0.9	Área de mejora
A3.3	Coordinación interdisciplinaria	4.1	0.7	Alta competencia

Sección C. Familiaridad y competencia digital. El diagnóstico digital ofrece un panorama mixto (Tabla 34). Mientras un tercio de la muestra utiliza software especializado (como MS Project o AutoCAD) con fluidez, casi la mitad se siente insegura con herramientas colaborativas en la nube, tableros de BI o sistemas GIS/3D.

Se trata de integración real de la tecnología en los flujos de trabajo. Siemens (2020) insiste en que la competencia digital no se reduce a “saber usar un programa”, sino a emplearlo de forma reflexiva y situada; los datos de este estudio apuntan en la misma dirección.

Tabla 34*Diagnóstico de competencia digital*

Ítem	Descripción	Media	Clasificación
C1	Software de gestión de proyectos	3.7	Intermedio
C2	Hojas de cálculo	3.8	Intermedio-alto
C3	Colaboración en la nube	3.2	Básico-intermedio
C4	Estandarización documental	3.9	Intermedio
C5	Tableros de BI y análisis de datos	3.1	Básico
C6	Software GIS/3D	3.3	Intermedio-bajo

Sección D. Preferencias formativas. Las preferencias formativas confirman la afinidad del gremio con el ML. Más del 80% valora los microcontenidos, la retroalimentación inmediata y las evaluaciones breves (Tabla 35).

También se privilegian los recursos prácticos (plantillas, listas de verificación) y los casos locales vinculados con Cancún y la Península, lo que coincide con los principios de aprendizaje autodirigido descritos por Knowles et al. (2015). El mensaje es claro: el ingeniero colegiado prefiere contenidos breves, aplicables y ambientados en situaciones reconocibles.

Tabla 35*Preferencias formativas de actualización profesional*

Modalidad / Principio	Media	Interpretación
D1	Microcontenidos breves	4.7
D2	Retroalimentación inmediata	4.5
D3	Acceso móvil	4.2
D4	Recursos prácticos (plantillas)	4.9
D5	Casos reales en comunidad	4.4
D6	Evaluaciones breves	4.8
D7	Tutoría breve “just-in-time”	4.3
D8	Ejemplos locales (Cancún y Península)	4.8

Análisis correlacional y triangulación. El análisis de correlaciones de Pearson (Tabla 36) añadió matices a este diagnóstico. Se identificó una correlación negativa moderada entre años de experiencia y percepción de brechas en sustentabilidad ($r = -0.45$, $p < .01$), lo que sugiere que los ingenieros más jóvenes reconocen con mayor claridad sus carencias en este campo, mientras que algunos colegas con más años de práctica pueden subestimarlas.

También se halló una correlación positiva alta entre competencia digital autopercibida y preferencia por ML ($r = 0.63$, $p < .001$), lo que refuerza la idea de que la familiaridad tecnológica facilita la adopción de formatos flexibles.

Las correlaciones se complementan con la triangulación cualitativa: las entrevistas ya apuntaban a brechas críticas en sustentabilidad y en uso de herramientas digitales, y la encuesta las cuantifica.

La convergencia de fuentes confirma una hipótesis central: el ML puede ser una vía eficaz de actualización siempre que se construya sobre un diagnóstico fino de necesidades y se ancle en problemas reales del trabajo.

Tabla 36

Correlaciones relevantes sobre necesidades de actualización profesional

Correlación	Coefficiente r	Interpretación
Nivel académico ↔ Competencia digital	0.52	Positiva moderada
Experiencia ↔ Brechas de sustentabilidad	-0.45	Los jóvenes perciben más brechas
Competencia digital ↔ Preferencia por ML	0.63	Alta correlación
Edad ↔ Preferencia por tutoría personalizada	0.57	Correlación positiva
Tamaño de empresa ↔ Nivel digital	0.53	Las empresas grandes impulsan más adopción tecnológica

Nota: Los cálculos fueron hechos con el programa estadístico SPSS.

Los resultados de la encuesta confirman que el ML representa una vía viable y eficaz para el desarrollo profesional de los IC, al permitir que el aprendizaje ocurra de manera flexible, contextualizada y autogestionada. El diseño modular, la contextualización local y la evaluación formativa breve se perfilan como principios didácticos esenciales.

6.4. Resultados de las pruebas pre y post

La prueba de conocimiento sobre Normatividad, Gestión de proyectos y Sustentabilidad y desarrollo ambiental (Anexo A4) se aplicó antes y después de la intervención con

micromódulos de ML. La muestra incluyó a 30 ingenieros colegiados (edad media 43 años, rango 24–66), con un perfil académico descrito en la Tabla 37.

En el padrón general (N=125), la edad media es de 55 años, de modo que el grupo que participó en la intervención incluye una proporción mayor de profesionales en etapa media de carrera.

El instrumento evaluó tres ejes, cada uno con 10 reactivos (6 de opción múltiple y 4 de verdadero/falso), y se estableció un criterio de aprobación de $POST \geq 8/10$ por eje. Los resultados globales muestran el patrón esperado en una experiencia formativa bien diseñada: medias PRE entre 5.4 y 6.2 y medias POST entre 8.7 y 9.0 (Tabla 38), con mejoras medias de entre 2.8 y 3.3 puntos.

En una escala de 0 a 10, esto representa un salto de aproximadamente tres puntos tras una intervención de corta duración.

Tabla 37

Perfil académico de la muestra (n = 30) de las pruebas PRE/POST

Nivel académico	Frecuencia	%	Edad media
Licenciatura	19	63.3	44
Especialidad	6	20	51
Maestría	5	16.7	39
Total	30	100	44

Tabla 38

Desempeño PRE/POST por eje (escala 0–10)

Eje	Media PRE	DE PRE	Media POST	DE POST
Eje 1. Normatividad	5.8	1.2	8.9	0.9
Eje 2. Gestión de Proyectos	6.2	1.0	9.0	0.8
Eje 3. Sustentabilidad	5.4	1.4	8.7	1.0
Promedio global	5.8	1.2	8.9	0.9

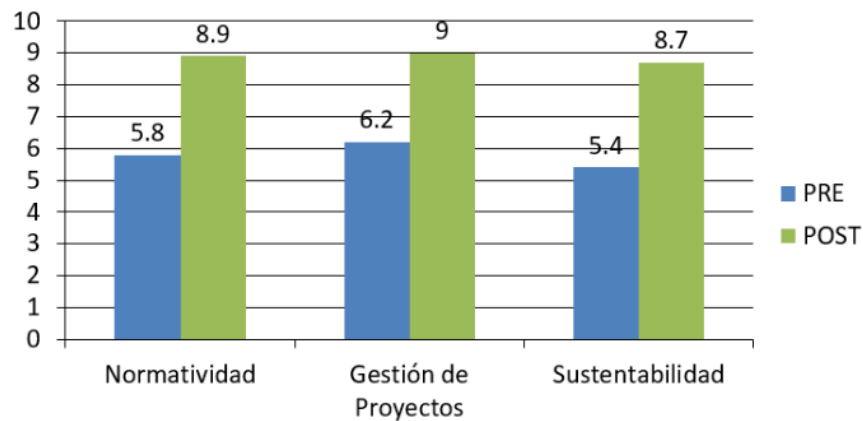
Normatividad (E1): el salto POST confirma dominio de trazabilidad, control de versiones y evidencia de cumplimiento.

Gestión (E2): se robustecen ruta crítica, restricciones, control de cambios y PPC.

Sustentabilidad (E3): mayor ganancia relativa; consolidación de diseño bioclimático, huella hídrica e infraestructura verde. Lo cual se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Resultados de aprendizaje por eje temático en las pruebas PRE/POST



Nota. Se observa un incremento promedio de tres puntos en escala 0 - 10 tras la intervención de microlearning, con mayores ganancias en sustentabilidad.

En Normatividad (Eje 1), el incremento confirma una mejor comprensión de trazabilidad, control de versiones y evidencia de cumplimiento.

Los ítems relativos a matrices de cumplimiento, nomenclatura y gestión de cambios (N4-N6) registran saltos especialmente marcados (Tabla 39), lo que sugiere que el andamiaje instruccional, centrado en ejemplos concretos y checklists, logró convertir conceptos abstractos en procedimientos reconocibles.

Este patrón coincide con planteamientos sobre validez de desempeño en la línea de ISO 19650 (International Organization for Standardization, 2018).

Tabla 39*Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 1*

Ítem	Contenido clave	% Correcto PRE	% Correcto POST
N1	Matriz de cumplimiento para requisitos	57%	90%
N2	Evidencia válida de permisos/licencias	60%	93%
N3	Certificados + ensayos para materiales	62%	91%
N4	Nomenclatura y control de versiones (CDE)	55%	88%
N5	Lista de verificación + metadatos	53%	86%
N6	Actualización formal por cambio de alcance	58%	90%
N7	Fotos sin metadatos no bastan (F)	64%	92%
N8	Calibración vigente como requisito (V)	59%	89%
N9	Evitar versiones paralelas sin control (F)	56%	87%
N10	Evidencia de criterios ambientales/seguridad (V)	63%	91%

En Gestión de proyectos (Eje 2), la mejora es homogénea (Tabla 40). Los participantes consolidan la identificación de ruta crítica, la lectura de indicadores como el SPI y la disciplina en el registro formal de cambios.

Destacan los aumentos en los ítems sobre definición de ruta crítica, secuencia formal de cambio y relación entre cambio aprobado y control de versiones (G1, G4, G9-G10), línea coherente con las recomendaciones de Kerzner (2022) sobre control de cambios y configuraciones documentales.

Tabla 40*Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 2*

Ítem	Contenido clave	% Correcto PRE	% Correcto POST
G1	Definición de ruta crítica	68%	94%
G2	Retraso dentro de holgura	63%	91%
G3	Registro y liberación de restricciones	59%	90%
G4	Secuencia formal de cambio	61%	92%
G5	Actas de coordinación eficaces	64%	90%
G6	PPC como indicador de confiabilidad	58%	88%
G7	Todo cambio se registra (F)	62%	89%
G8	Gestionar restricciones <i>antes</i> del detalle	60%	90%
G9	Cambio aprobado → control de versiones (V)	66%	93%
G10	Minutas ≠ registro formal de cambio (F)	67%	92%

En Sustentabilidad (Eje 3), los porcentajes PRE son los más bajos y las ganancias

POST las más altas (Tabla 41).

Los ingenieros mejoran su comprensión de infraestructura verde, huella hídrica, diseño bioclimático en clima cálido-húmedo y movilidad sustentable. El salto promedio de más de 30 puntos porcentuales en varios ítems indica que estos contenidos, poco trabajados en la formación original, se vuelven comprensibles cuando se vinculan con problemas concretos de Cancún: inundaciones frecuentes, islas de calor, fragmentación ecológica.

Illeris (2018) describe este efecto cuando el aprendizaje se ancla en situaciones significativas y no en ejemplos genéricos.

Tabla 41

Porcentaje de respuestas correctas PRE/POST – Eje 3

Ítem	Contenido clave	% Correcto PRE	% Correcto POST
S1	Infraestructura verde (servicios ecosistémicos)	49%	86%
S2	Huella hídrica (directa + indirecta)	47%	85%
S3	Mitigación de isla de calor (albedo + verde)	50%	87%
S4	Bioclimática en clima cálido-húmedo	58%	90%
S5	Movilidad sustentable multimodal	55%	88%
S6	Resiliencia ante múltiples amenazas	52%	87%
S7	Densidad urbana y eficiencia (V)	61%	89%
S8	Materiales regionales y transporte (V)	57%	86%
S9	Permeabilidad y ciclo hidrológico (F)	53%	85%
S10	Corredores biológicos urbanos (V)	56%	88%

La distribución de niveles de logro POST (Tabla 42) muestra que más del 87% de los participantes alcanza niveles adecuado o excelente en Normatividad y Gestión, y alrededor del 83% en Sustentabilidad.

La cola de casos con desempeño insuficiente o básico es mayor en este último eje, coherente con su menor línea de base. La intervención, en otras palabras, niveló el grupo, pero aún dejó un margen de dispersión en contenidos ambientales que conviene seguir trabajando.

Tabla 42*Distribución por niveles de logros (POST, n = 30)*

Nivel	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Insuficiente (0–5)	1 (3%)	0 (0%)	2 (7%)
Básico (6–7)	3 (10%)	2 (7%)	3 (10%)
Adecuado (8–9)	20 (67%)	22 (73%)	21 (70%)
Excelente (10)	6 (20%)	6 (20%)	4 (13%)

El análisis segmentado sugiere patrones esperables: quienes cuentan con posgrado obtienen medias algo más altas en Sustentabilidad (9.1 frente a 8.5), con un tamaño del efecto pequeño-moderado ($d \approx 0.45$).

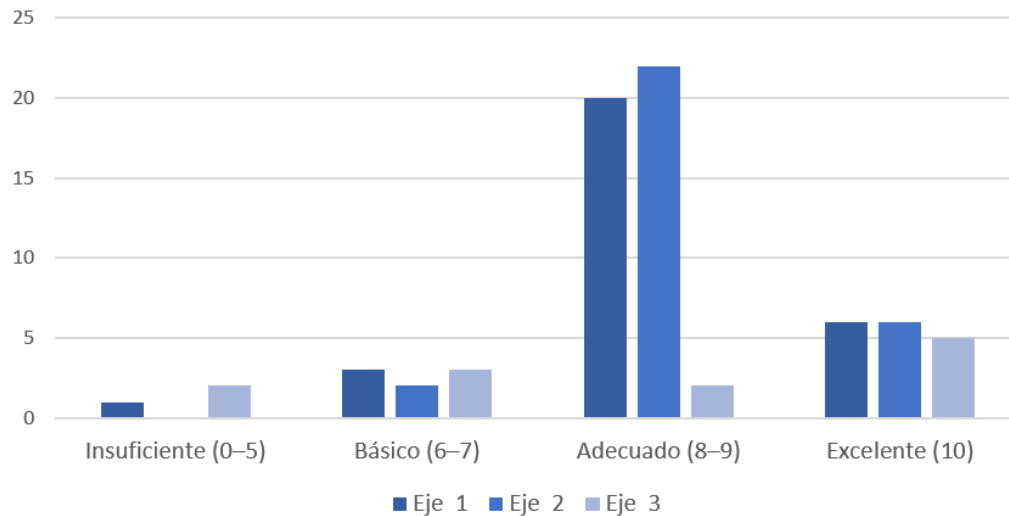
Los ingenieros con menos de 15 años de experiencia muestran una ganancia relativa ligeramente mayor en este eje, lo que puede explicarse por menor rigidez de esquemas previos o por mayor exposición reciente a discursos ambientales (Merriam & Bierema, 2013).

Las pruebas t para muestras pareadas confirman la relevancia estadística de los cambios (Tabla 43). Todos los ejes muestran diferencias significativas ($p < .001$), con valores de t superiores a 11.8 y tamaños del efecto (d de Cohen) superiores a 2.1.

Estos valores describen una intervención de impacto alto, poco frecuente en contextos de formación profesional tradicional. La reducción de las desviaciones estándar en el POST sugiere, además, una mayor homogeneidad en el dominio conceptual dentro de cada eje.

Figura 7

Distribución por niveles de logros (POST, n = 30)



Como se detalla en la Tabla 43, las pruebas *t* para muestras pareadas confirmaron mejoras estadísticamente significativas en los tres ejes curriculares.

Tabla 43

*Resultados de las Pruebas *t* Pareadas Pre/Post (n=30)*

Eje Temático	Media Pre (DE)	Media Post (DE)	Diferencia Media	t (29)	p	d de Cohen
Normatividad	5.8 (1.2)	8.9 (0.9)	+3.1	12.45	< .001	2.27
Gestión de Proyectos	6.2 (1.0)	9.0 (0.8)	+2.8	14.10	< .001	2.57
Sustentabilidad	5.4 (1.4)	8.7 (1.0)	+3.3	11.83	< .001	2.16

Nota. Los cálculos presentados en la tabla (prueba *t* pareada y *d* de Cohen) se realizaron con el programa estadístico SPSS.

Un ANOVA de un factor mostró diferencias significativas en el nivel de logro POST

en Sustentabilidad según el nivel académico, $F(2, 27) = 4.15$, $p = .027$, con mejor desempeño de quienes cuentan con posgrado ($M=9.1$, $DE=0.7$) frente al grupo con licenciatura ($M=8.5$, $DE=1.1$), y una eta cuadrado parcial de .24. $\eta^2p = .24$ (moderado).

η^2p (eta cuadrado parcial) mide la proporción de la varianza explicada por el factor analizado (nivel académico), descontando el efecto de otras fuentes de variación. Un valor de .24 indica que el 24% de la variabilidad en los logros POST se debe al nivel académico.

Esto indica que aproximadamente una cuarta parte de la variabilidad en el desempeño POST en Sustentabilidad puede atribuirse al nivel de estudios.

Donde F es el estadístico de prueba del ANOVA, que compara las varianzas entre grupos con la varianza dentro de los grupos. (2, 27) son los grados de libertad: 2: número de grupos menos uno (tres niveles académicos: licenciatura, maestría, posgrado $\rightarrow 3 - 1 = 2$). 27: número total de participantes menos el número de grupos ($30 - 3 = 27$). 4.15: valor calculado del estadístico F .

Cuanto más alto, más probable que haya diferencias reales entre los grupos. $p = .027$ (El valor p indica la probabilidad de que las diferencias observadas sean producto del azar). Como $p < .05$, se considera que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Finalmente, un ANOVA de medidas repetidas sobre el conjunto de ejes mostró un efecto principal muy fuerte del momento de evaluación (pre vs. post), $F(1, 29) = 152.34$, $p < .001$, $\eta^2p = .84$. En términos sencillos, el modelo de ML mejoró los resultados, y lo hizo de manera consistente en toda la cohorte.

El dato refuerza la hipótesis de que las secuencias breves, orientadas a tareas concretas y evaluadas de inmediato, son especialmente eficaces para transmitir contenidos complejos cuando se anclan en problemas específicos de la práctica (Illeris, 2018; Clark & Mayer, 2016).

6.5. Resultados de microevaluaciones por módulo

Las microevaluaciones se aplicaron al cierre de cada micromódulo, con cinco reactivos por módulo y retroalimentación inmediata. Participaron 30 ingenieros (edad media 42 años, rango 24–63), con una distribución académica descrita en la Tabla 44. El criterio de logro fue exigente: 5/5 como competencia demostrada, 4/5 como desempeño adecuado, 3/5 como nivel básico y $\leq 2/5$ como insuficiente.

Tabla 44

Perfil académico de la muestra (n = 30) para microevaluaciones

Nivel académico	Frecuencia	%	Edad media
Licenciatura	19	63.3	42
Especialidad	6	20	49
Maestría	5	16.7	38
Total	30	100	42

Módulo 1 · Normativa y seguridad. El primer módulo abordó criterios del RCDF/NTC, normas NOM, lineamientos CFE y trazabilidad de permisos. Los resultados fueron consistentes: media 4.2 (DE=0.7), con 10 participantes en 5/5 y 13 en 4/5 (Tabla 45).

Los ítems con mejores porcentajes de acierto se relacionan con cargas vivas mínimas, acometidas MT y visibilidad de permisos (Tabla 46).

Los reactivos sobre parámetros específicos (altura en NOM-001-SEDE, criterios sismo-resistentes) registran porcentajes algo menores, lo que sugiere que la memoria paramétrica mejora cuando se asocia a listas de verificación y no cuando se presenta aislada.

Tabla 45

Resultados del desempeño en el Módulo 1 (escala 0–5)

Métrica	Valor
Media (DE)	4.2 (0.7)
Mediana	4
Est. Con = 5/5	10
Est. con = 4/5	13

Est. con $\leq 3/5$

7

Tabla 46*Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 1)*

Ítem	Contenido clave	% correcto
1	Altura/condición en NOM-001-SEDE	73%
2	Carga viva mínima RCDF	81%
3	Acometidas MT conforme CFE	76%
4	Criterios sismo-resistentes (NTC)	70%
5	Exhibición de permisos/visibilidad	84%

Módulo 2 · Gestión de proyectos. El segundo módulo se centró en conceptos de Valor Ganado (EVM), ruta crítica, holguras, restricciones y análisis de escenarios “qué pasaría si...”. La media fue de 4.3 (DE=0.6), con 11 participantes en 5/5 (Tabla 47).

Los porcentajes de acierto superan el 79% en todos los ítems (Tabla 48), con especial solidez en la identificación de $SPI < 1$ como indicador de atraso y en el reconocimiento de la ruta crítica (G2, G3).

La combinación de mini-casos y retroalimentación inmediata parece haber facilitado el paso de definiciones teóricas a decisiones tácticas, un tipo de transferencia que suele ser esquivada en programas extensos y poco segmentados.

Tabla 47*Resultados del desempeño en el Módulo 2 (escala 0–5)*

Métrica	Valor
Media (DE)	4.3 (0.6)
Mediana	4
Est. con = 5/5	11
Est. con = 4/5	24
Est. con $\leq 3/5$	6

Tabla 48*Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 2)*

Ítem	Contenido clave	% correcto
1	Cálculo de Valor Ganado ($EV = BAC \times \%completado$)	82%
2	Holgura total = 0 en ruta crítica	88%
3	$SPI < 1 \Rightarrow$ atraso	91%
4	Decisión táctica: impacto en ruta crítica	79%
5	“Qué si”: evaluación de escenarios	83%

Módulo 3 · Sustentabilidad y desarrollo ambiental. El tercer módulo abordó desarrollo urbano compacto, drenaje pluvial natural, materiales locales, diseño bioclimático y movilidad multimodal.

Es la unidad más sensible a la contextualización. La media fue de 4.1 (DE=0.8), con 9 participantes en 5/5 y 13 en 4/5 (Tabla 49).

Los ítems con mejores resultados se vinculan con drenaje pluvial, diseño bioclimático y criterios de movilidad, mientras que la selección de materiales sustentables y las nociones de infraestructura compacta generan más dudas (Tabla 50).

El patrón sugiere que los conceptos se consolidan cuando se muestran sobre mapas, fotos satelitales y ejemplos de Cancún, pero requieren apoyos adicionales cuando implican decisiones de especificación de materiales.

Tabla 49*Resultados del desempeño en el Módulo 3 (escala 0–5)*

Métrica	Valor
Media (DE)	4.1 (0.8)
Mediana	4
Est. con = 5/5	9
Est. con = 4/5	13
Est. con $\leq 3/5$	8

Tabla 50*Porcentaje de aciertos por ítem (Módulo 3)*

Ítem	Contenido clave	% correcto
1	Desarrollo urbano compacto/infraestructura	71%
2	Drenaje pluvial natural/infraestructura verde	79%
3	Reducción de huella: materiales locales + EE	76%
4	Diseño bioclimático (ventilación y asoleamiento)	81%
5	Movilidad multimodal/interconectada	74%

Un análisis exploratorio reveló tres cruces llamativos. Ingenieros con menos de 10 años de experiencia obtuvieron una mayor proporción de 5/5 en el módulo de gestión, probablemente por su uso cotidiano de herramientas digitales de programación y control.

Quienes cuentan con posgrado mostraron un mejor desempeño medio en Sustentabilidad ($d \approx 0.35$). Los roles de coordinación (directores, supervisores) registraron resultados más estables en los módulos 1 y 2, con mayor dispersión en el módulo 3 cuando su trabajo cotidiano es muy operativo y menos vinculado a planeación urbana.

La lectura didáctica apunta a tres ejes. Primero, el ML apoyado en casos cortos y retroalimentación inmediata favorece la consolidación de conceptos de control de obra, en línea con Clark y Mayer (2016) y Sweller (2011) sobre práctica distribuida y carga cognitiva.

Segundo, la cultura de trazabilidad y datos, apoyada en estándares como ISO-19650 (International Organization for Standardization, 2018), comienza a instalarse como hábito cuando se vincula a permisos, evidencias y consecuencias prácticas.

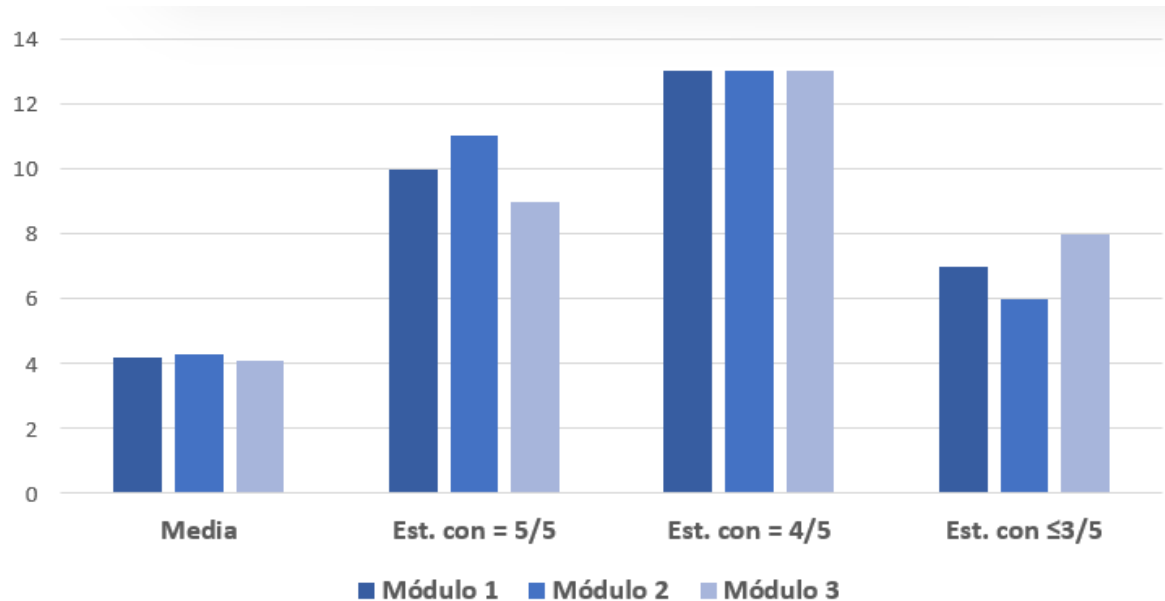
Tercero, los contenidos de sustentabilidad requieren artefactos de apoyo más explícitos (rúbricas, matrices de decisión, checklists), especialmente cuando se traducen a decisiones de diseño y especificación.

En síntesis, el desempeño agregado es alto: entre 77% y 80% de la muestra alcanza $\geq 4/5$ por módulo, con especial estabilidad en Normativa y Gestión, y mayor sensibilidad al contexto en Sustentabilidad (Figura 8). La estructura micro se mostró compatible con agendas saturadas y trabajo de campo, reforzando la transferencia cercana al puesto que

proponen Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016).

Figura 8

Resultados de microevaluaciones por módulo (quiz ≤ 5 ítems)



6.6. Resultados del cuestionario de evaluación del programa de ML

El cuestionario de evaluación del programa (Anexo A8) fue respondido por 30 ingenieros (edad media 40 años, rango 24–60), con estructura formativa similar a la del padrón (Tabla 51).

La tasa de respuesta correcta al ítem de atención (B7) alcanzó el 97%, lo que respalda la calidad de los datos. El contexto laboral descrito por la muestra, alta carga de trabajo, desplazamientos frecuentes a obra, tiempos fragmentados, convierte al ML en una especie de “entrenamiento en el flujo de trabajo”: breve, puntual y directamente aplicable (Merriam & Bierema, 2013; Clark & Mayer, 2016).

Los resultados por dimensión (Tabla 52) muestran medias elevadas en todas las escalas, con interpretaciones altas o muy altas.

La satisfacción global alcanza 4.4, y la disposición a recomendar el programa a

colegas llega a 4.5. Claridad y relevancia obtienen las medias más altas (4.5-4.6), reforzando la idea de que el diseño de las cápsulas logró presentar contenidos complejos de forma comprensible y actualizada, en consonancia con los principios de carga cognitiva que sugieren segmentación y señalización explícita (Sweller, 2011; Clark & Mayer, 2016).

Tabla 51

Perfil académico de la muestra (n = 30) para evaluación del programa ML

Nivel académico	Frecuencia	%	Edad media
Licenciatura	19	63.3	41
Especialidad	6	20	46
Maestría	5	16.7	36
Total	30	100	41

Tabla 52

Resultados por dimensión de la evaluación del programa ML

Ítem	Enunciado	M	DE	Interpretación
Satisfacción General				
1	Satisfacción global con el programa ML	4.4	0.6	Muy alta
2	Recomendaría el programa a colegas	4.5	0.6	Muy alta
Claridad y relevancia				
3	Contenidos claros y comprensibles	4.6	0.5	Muy alta
4	Temas relevantes y actualizados	4.5	0.6	Muy alta
Aplicabilidad y desarrollo profesional				
5	Apliqué lo aprendido en mi trabajo	4.3	0.6	Muy alta
6	Contribuyó a mi desarrollo profesional	4.4	0.6	Muy alta
Flexibilidad y facilidad de uso				
7	ML se adaptó a mi ritmo de trabajo	4.5	0.6	Muy alta
8	Plataforma fácil de usar	4.2	0.7	Muy alta
Calidad de materiales				
9	Calidad de videos/presentaciones	4.4	0.6	Muy alta
10	Utilidad de recursos complementarios	4.3	0.6	Muy alta
Interacción con participantes				
11	Oportunidades de interacción	4.0	0.7	Alta
12	Interacción enriqueció el aprendizaje	4.1	0.7	Alta

Ítem	Enunciado	M	DE	Interpretación
Soporte técnico				
13	Recibí soporte técnico necesario	4.2	0.7	Muy alta
14	Resolución oportuna de problemas	4.1	0.7	Alta

En aplicabilidad y desarrollo profesional, las medias se sitúan entre 4.3 y 4.4. Los ingenieros declaran haber comprendido los temas, y haberlos aplicado en obra, en reuniones con clientes o en decisiones de diseño. La flexibilidad y facilidad de uso se valoran con 4.2-4.5, aunque con mayor dispersión, lo que probablemente refleja diferencias de familiaridad tecnológica y condiciones de conectividad.

La interacción entre participantes obtiene valores altos, pero algo menores (4.0-4.1), señal de que el aprendizaje social se valora, pero no siempre se logra en entornos asincrónicos, especialmente cuando el tiempo escasea.

La calificación global del programa en escala de 1 a 10 tiene una media de 8.8 (DE=0.8), mediana de 9 y moda también de 9 (Tabla 53). El valor surge de un conjunto de dimensiones sólidas en claridad, relevancia y aplicabilidad, más que de una sola característica llamativa.

Análisis exploratorios aportan algunas claves adicionales. La familiaridad tecnológica se correlaciona de manera moderada con la valoración de flexibilidad y usabilidad ($r = 0.52$), de modo que quienes se sienten más cómodos con plataformas digitales también reportan una experiencia más fluida.

La experiencia en años se relaciona de forma negativa con la participación en espacios de interacción ($r = -0.31$): los ingenieros de mayor edad participan menos en foros o canales de intercambio, aunque no disminuye por ello su satisfacción global.

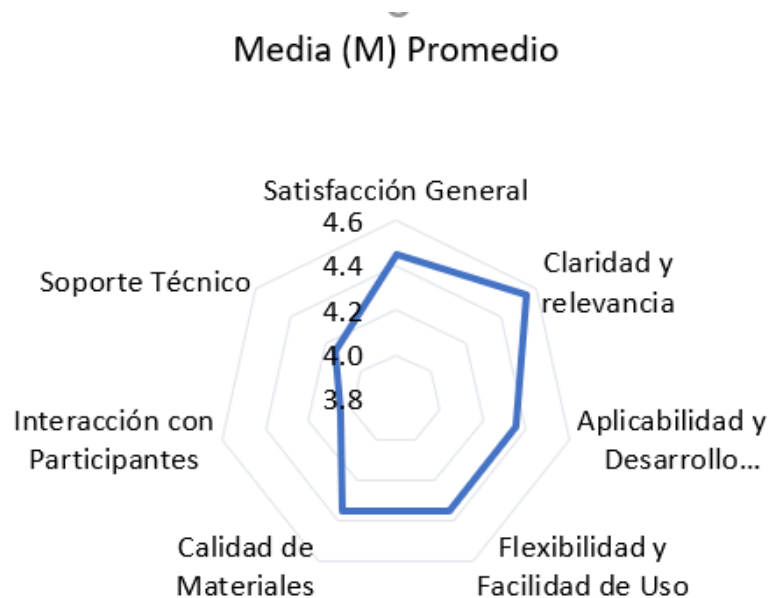
La aplicación de lo aprendido en el trabajo (ítem 5) muestra la correlación más alta con la calificación final ($r = 0.66$), lo que confirma que la transferencia al puesto es el principal criterio de valor percibido.

En términos interpretativos, el programa de ML se sostiene sobre tres pilares: contenidos claros, relevancia temática y formatos compatibles con agendas apretadas. La interacción aparece como un punto mejorable, porque contrasta con la solidez de las otras dimensiones.

Surgen aquí varias recomendaciones: foros breves con moderación ligera, síntesis visual de los aportes más significativos, ventanas de participación de 7-10 días, así como mejoras en el soporte técnico y una sección de preguntas frecuentes con respuestas en microvideos de 60-90 segundos. La evaluación se presenta en el diagrama de radar de la Figura 9.

Figura 9

Evaluación de satisfacción del programa ML (Promedio por dimensión)



Nota: La satisfacción promedio general fue de 4.45 en escala 1–5, destacando la claridad y relevancia (4.55) como la más alta evaluada y la interacción con participantes (4.05) como la menor. Todas las dimensiones mostraron niveles altos o muy altos.

Tabla 53*Resultados de la calificación global del programa ML*

Métrica	Valor
Media (DE)	8.8 (0.8)
Mediana	9
Moda	9
Rango	7–10

6.6.1. Comparación intergrupar (jóvenes vs. mayores)

Para explorar la relación entre edad y percepción del ML, se realizó un t-test de muestras independientes. Se compararon dos grupos: ingenieros menores de 40 años ($n_1 = 10$) y mayores de 55 años ($n_2 = 10$), tomando como variable dependiente la satisfacción con el programa (escala 1-5) y añadiendo dimensiones de aplicabilidad y valoración de la tutoría.

Los 10 ingenieros intermedios se excluyeron de este análisis para mantener la comparación más nítida.

Los resultados muestran que la satisfacción general no presenta diferencias significativas entre grupos ($p = .23$). Ambos valoran el ML como útil y pertinente, lo que descarta la idea de que se trate de una estrategia “solo para jóvenes”.

La diferencia sí aparece en la valoración de la tutoría y el acompañamiento: $t(18) = -3.30$, $p = .004$, $d = 1.48$, con medias más altas en el grupo de mayores (Tabla 54). Los ingenieros con más edad otorgan mayor importancia al acompañamiento personalizado, mientras que los más jóvenes se sienten cómodos con mayores niveles de autonomía.

Los datos dibujan una pequeña paradoja: el ML se percibe como herramienta eficaz por ambos grupos, pero el equilibrio entre autonomía e interacción personalizada cambia con la edad y la experiencia digital.

Esto no invalida el modelo, pero advierte que su eficacia depende de variables moderadoras y que los diseños formativos deben considerar rutas diferenciadas: más tutoría

y espacios de contacto para quienes la valoran, más libertad y flexibilidad para quienes prefieren avanzar por cuenta propia.

Tabla 54

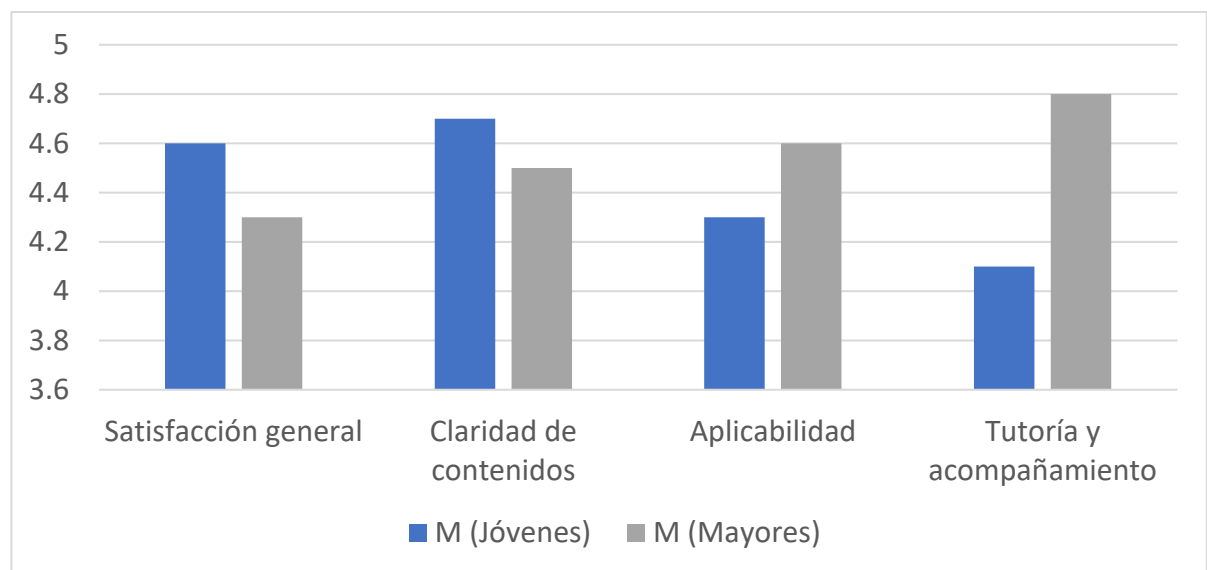
Resultados del análisis comparativo entre grupos etarios

Dimensión	M (Jóvenes)	DE (Jóvenes)	M (Mayores)	DE (Mayores)	t (18)	p	d de Cohen
Satisfacción general	4.6	0.5	4.3	0.6	1.22	0.23	0.48
Claridad de contenidos	4.7	0.4	4.5	0.6	0.89	0.38	0.32
Aplicabilidad	4.3	0.5	4.6	0.4	-1.44	0.17	-0.56
Tutoría y acompañamiento	4.1	0.6	4.8	0.3	-3.3	0.004	-1.48

Nota. M = Media; DE = Desviación Estándar; $p < .05$ indica diferencia significativa. Los cálculos se hicieron con el software estadístico SPSS. Los datos confirman la paradoja autonomía-acompañamiento como se observa en la Figura 10.

Figura 10

Comparación intergrupar etaria



Esto evidencia que la eficacia del ML depende de variables moderadoras (edad, experiencia digital, estilo de aprendizaje), lo que justifica la recomendación de modelos híbridos que integren autonomía con tutoría situada.

6.7. Resultados de la entrevista sobre la experiencia con ML

Las entrevistas sobre la experiencia con el programa de ML (Anexo A9) se realizaron con 15 ingenieros (13 hombres y 2 mujeres) del CICC. La edad promedio fue de 40 años, con 17 años de experiencia profesional en promedio. Tres participantes reportaron familiaridad tecnológica baja, ocho indicaron media y cuatro manifestaron alta; cuatro contaban con maestría y once con licenciatura.

La Tabla 55 recoge la codificación abierta y axial de fragmentos clave. La categoría “Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata” emerge como la principal fortaleza del programa, con frecuencia 8/15.

Varios testimonios son especialmente elocuentes: “Los videos son oro puro. Si estoy en obra y necesito recordar un detalle de la norma local, accedo al micromódulo de tres minutos y listo” (P1).

Otros señalan que un módulo visto por la mañana permitió resolver una reunión con un cliente a la tarde (P6) o evitar una multa gracias a la rápida comprensión de cambios en el Reglamento de Construcción de Cancún (P7). El ML aparece aquí como un recurso de consulta ágil, más cercano a una herramienta de trabajo que a un curso clásico.

Tabla 55

Codificación de la entrevista sobre la experiencia con ML

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
P1 (H, 42 años)	"Los videos son oro puro. Si estoy en obra y necesito	Acceso Rápido a Información	Flexibilidad y Aplicabilida	Alta	“Mantener el formato de videos muy

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
	recordar un detalle de la norma local, accedo al micromódulo de tres minutos y listo."	Normativa	d Inmediata		breves (3 min)."
P2 (M, 29 años)	"Como soy joven, esperaba algo más dinámico. Los videos están bien, pero faltan quizzes interactivos al final para ver si realmente entendí."	Necesidad de Elementos Interactivos	Brevedad vs. Profundidad del Contenido	Media	"Incorporar tests cortos o preguntas de reflexión después de cada microvideo."
P3 (M, 35 años)	"Me encantó el módulo de estructuras, pero al final me quedé con ganas de saber cómo lo aplica un colega en la zona hotelera... el conocimiento de otros es lo que enriquece."	Necesidad de Intercambio de Experiencias	Déficit de Interacción Social	Alta	"Crear espacios obligatorios para benchmarking entre colegas."
P4 (H, 48 años)	"Tengo un equipo a mi cargo y no tengo tiempo para cursos largos. Esto me permite mantenerme al día sin descuidar mis responsabilidades. Lo que sí, a veces la plataforma se traba."	Aprendizaje Adaptado a Alta Demanda Laboral	Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata	Alta	"Mejorar la estabilidad y el soporte técnico de la plataforma."
P5 (H, 50 años)	"La plataforma es intuitiva, pero la simulación que usaba el programa 'X' nunca me cargó bien en mi	Dificultad Técnica en Dispositivos Antiguos	Usabilidad y Soporte Técnico	Media	"Optimización de contenidos para celulares."

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
	móvil antiguo. Tuve que usar la computadora."				
P6 (H, 36 años)	"El módulo sobre el nuevo reglamento de construcción fue justo lo que necesitábamos para un proyecto urgente. Lo vi en la mañana y lo apliqué esa misma tarde en una reunión con el cliente."	Aplicación Práctica Inmediata en Proyectos Urgentes	Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata	Alta	"Notificaciones sobre nuevos módulos de normativa actualizada."
P7 (M, 40 años)	"Sí, he podido aplicar los cambios del Reglamento de Construcción de Cancún inmediatamente. Eso nos ahorró una multa la semana pasada."	Aplicación Directa de Regulación Local	Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata	Alta	"Más módulos enfocados en cambios normativos recientes."
P8 (H, 52 años)	"Entiendo la idea de ser breve, pero en temas de cimentaciones en suelos blandos, tres minutos son un chiste. Preferiría un módulo más largo y profundo, aunque sea solo una vez al mes."	Insuficiencia de la Brevedad para Temas Críticos	Brevedad vs. Profundidad del Contenido	Alta	"Ofrecer módulos especiales mensuales más extensos y técnicos."
P9 (H, 38 años)	"Siento que el ML me da el anzuelo, pero me falta la caña. Temas como la Gestión de Riesgos	Contenido Superficial en Temas Complejos	Brevedad vs. Profundidad del Contenido	Alta	"Ofrecer módulos encadenados para profundizar."

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
P10 (H, 44 años)	Ambientales necesitan más carnita." "Trabajo mayormente remoto y valoro mucho la flexibilidad. Sin embargo, extraño el debate y la conversación que se genera en un curso presencial. Aquí solo consumes información."	Aprendizaje Pasivo vs. Interacción Perdida	Déficit de Interacción Social	Media	"Foros de discusión temáticos moderados por un experto."
P11 (M, 55 años)	"La modalidad se adapta a mis pausas laborales. Es una consulta, no una clase de tres horas. Eso es lo mejor para nuestra edad y experiencia."	Adaptación al Ritmo de Trabajo y Edad	Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata	Alta	"Mantener la autonomía total sobre el ritmo de estudio."
P12 (H, 41 años)	"Me gustó, pero no siento que haya 'terminado' un tema. Es como picotear información. No hay un certificado o algo que valide el esfuerzo, por mínimo que sea."	Falta de Sensación de Logro o Certificación	Impacto en el Desarrollo Profesional	Media	"Emitir microcredenciales por cada conjunto de módulos completados."
P13 (H, 45 años)	"El proceso fue solitario. Sentí desconexión. No se fomenta ese sentido de pertenencia que debe tener el Colegio."	Experiencia de Aprendizaje Aislada	Déficit de Interacción Social	Alta	"Implementar sesiones de preguntas y respuestas en vivo."

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
P14 (M, 33 años)	"Fue un buen punto de partida para un software de modelado hidráulico que no conocía. Luego busqué tutoriales más largos por mi cuenta, pero el módulo de ML me dio la base."	ML como Puerta de Entrada a Aprendizajes Posteriores	Impacto en el Desarrollo Profesional	Alta	"Incluir una sección de recursos para profundizar en cada módulo."
P15 (H, 32 años)	"Me motivó a buscar cursos más avanzados sobre Software BIM/CAD. Fue el empujón inicial para la autodisciplina."	ML como Catalizador de Autoaprendizaje	Impacto en el Desarrollo Profesional	Media	"Integrar recursos complementarios para la autoformación."

En contraste, dos categorías críticas adquieren peso: “Déficit de Interacción Social” y “Brevedad vs. Profundidad el Contenido” (ambas con frecuencia 5/15; Tabla 56).

Varios participantes describen el proceso como “solitario” (P13) o añoran el intercambio con colegas: “El conocimiento de otros es lo que enriquece” (P3). Otros sienten que las cápsulas ofrecen “el anzuelo, pero falta la caña” para temas complejos como gestión de riesgos ambientales o cimentaciones en suelos blandos (P8, P9).

Surge aquí una tensión clara: lo breve ahorra tiempo y mantiene la atención, pero puede quedarse corto cuando el problema exige discusión, contraste de experiencias o análisis más extendido.

Dos categorías adicionales completan el cuadro: “Impacto en el Desarrollo Profesional” (4/15) y “Usabilidad y Soporte Técnico” (3/15).

El ML se percibe como puerta de entrada hacia aprendizajes posteriores más extensos; algunos participantes afirman que los módulos les dieron la base para explorar software de

modelación hidráulica o BIM por su cuenta (P14, P15).

Al mismo tiempo, se mencionan dificultades con dispositivos antiguos o problemas de estabilidad en la plataforma, que pueden desalentar a quienes tienen menor familiaridad digital (P4, P5).

Tabla 56

Matriz de frecuencia de las respuestas sobre la experiencia con ML

Categoría Axial	Frecuencia por categoría axial	Participantes que la Mencionaron	Descripción General del Hallazgo
Flexibilidad y Aplicabilidad Inmediata	8	P1, P4, P6, P7, P11, (P2, P5, P10) *	Valoración del formato breve y accesible que permite aprender en cualquier momento y aplicar el conocimiento directamente en el trabajo, adaptándose al ritmo y las demandas laborales.
Déficit de Interacción Social	5	P3, P10, P13, (P8, P14) *	Critica la naturaleza solitaria del aprendizaje y expresa una fuerte necesidad de espacios de intercambio, debate y construcción de comunidad con otros colegas.
Brevedad vs. Profundidad del Contenido	5	P2, P8, P9, (P3, P14) *	Señala la tensión entre la utilidad de la brevedad y la insuficiencia de este formato para temas complejos, demandando rutas de profundización o contenido más sustancial.
Impacto en el Desarrollo Profesional	4	P12, P14, P15, (P9) *	Se refiere a la influencia del ML en la trayectoria profesional, ya sea como catalizador del autoaprendizaje, la adquisición de nuevas habilidades o la necesidad de reconocimiento formal.
Usabilidad y Soporte Técnico	3	P4, P5, (P2) *	Agrupar los problemas relacionados con la experiencia técnica: dificultades de navegación, carga en dispositivos antiguos y necesidad de una plataforma más estable.

Nota: Los participantes entre paréntesis mencionaron la categoría de manera más indirecta o

secundaria en su discurso, pero su comentario sigue siendo representativo del concepto.

La lectura global es clara. El programa de ML se valora por su utilidad inmediata, su capacidad para resolver problemas concretos en obra y su ajuste a tiempos fragmentados. El coste de esa flexibilidad es un déficit de comunidad y una sensación de profundidad limitada en ciertos temas. El diagnóstico pide ampliar el modelo.

Desde la perspectiva de mejora continua, los hallazgos apuntan a salir de un enfoque exclusivamente tecnológico hacia un enfoque socio-constructivista dentro del ML. El ciclo PDCA ofrece un marco útil.

En la fase de Plan, se propone diseñar una “arquitectura social” basada en microcomunidades de práctica, en las que la finalización de un módulo active automáticamente una discusión guiada, con el propósito de elevar la categoría de interacción social en futuras evaluaciones.

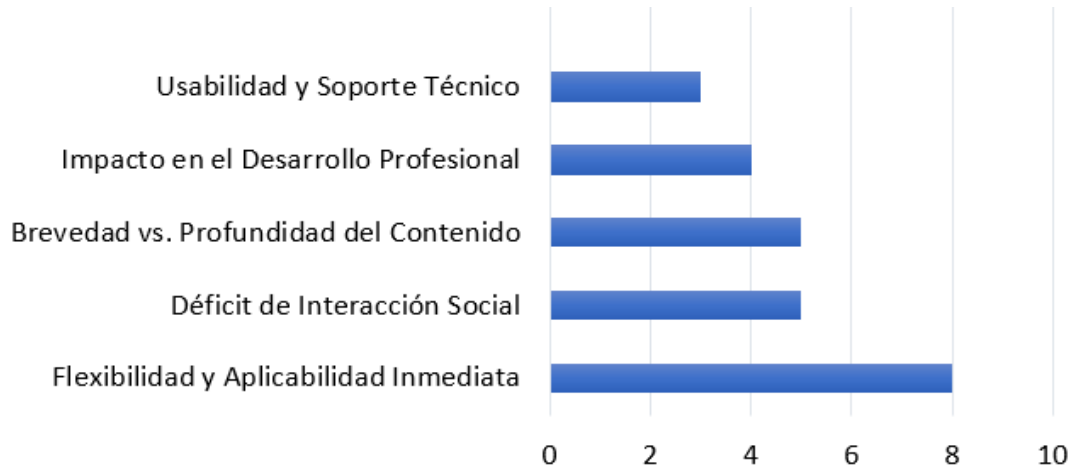
En la fase de Do, la recomendación es incorporar foros o muros de comentarios por módulo y ensayar ciclos de preguntas y respuestas con expertos. En Check, conviene medir la calidad de la interacción (tasa de participación, tiempo de permanencia, tipo de aportes) y su relación con la satisfacción y la aplicación al trabajo.

Finalmente, en Act, los resultados permitirían escalar las comunidades de práctica a todos los módulos o reforzar rutas de profundización para los temas que lo requieran.

En resumen, el programa de ML es altamente valorado por su utilidad práctica y flexibilidad, pero existe una clara oportunidad para enriquecerlo abordando la dimensión social del aprendizaje y ofreciendo mecanismos para profundizar en temas complejos. Tal como se representa en la Figura 11.

Figura 11

Frecuencia de respuestas por categoría axial con ML



6.8. Resultados de la entrevista a profesores sobre la implementación de ML

Las entrevistas a los profesores que participaron en la implementación del programa de ML (Anexo A11) aportan una mirada complementaria. Ocho docentes, seis con maestría y dos con doctorado, edad promedio 45 años, 6 hombres y 2 mujeres, relatan su experiencia desde la trinchera de la enseñanza. El resumen de sus respuestas se presenta en la Tabla 57 y la codificación en la Tabla 58.

El primer hallazgo es contundente: todos destacan una alta tasa de consumo y finalización de los módulos. El ML “superó las expectativas” en compromiso educativo frente a formatos tradicionales basados en PDFs o sesiones largas (P1, P3, P8).

Esta categoría, denominada “Alto compromiso académico / Alta tasa de consumo”, aparece con frecuencia 8/8 (Tabla 59). El formato breve y segmentado parece conectar bien con la forma en que los ingenieros organizan su tiempo.

La segunda coincidencia fuerte se agrupa bajo la categoría “Fortaleza en tópicos técnicos puntuales” (frecuencia 4/8). Los docentes consideran que el ML funciona

especialmente bien para actualización normativa, manejo de software y temas muy acotados, en los que una cápsula de tres a cinco minutos puede mostrar una operación, un criterio o un estándar concreto (P2, P7).

Varios profesores sugieren usar el ML de manera estratégica para este tipo de habilidades “just-in-time”, y reservar otros formatos para planos más estratégicos o integradores.

Las tensiones aparecen en tres frentes. El primero es el “Déficit de socialización y debate” (frecuencia 5/8). Los docentes reportan participación casi nula en los foros, quejas de estudiantes por falta de discusión y la sensación de que el modelo favorece un consumo pasivo de contenidos si no se diseñan dispositivos de interacción específicos (P3, P4).

El segundo frente es la “Dificultad en la medición de competencias y transferencia” (frecuencia 4/8): el ML permite medir conocimiento declarativo y procedimientos básicos, pero no garantiza que el ingeniero desarrolle juicio profesional ante situaciones complejas.

El comentario de P1 es directo: “El problema es la transferencia real de juicio profesional”. El tercero es el “Alto costo/esfuerzo en producción de contenido” (frecuencia 3/8): crear microvideos de alta calidad, bien enfocados y técnicamente precisos demanda tiempo, recursos y una curva de aprendizaje en diseño instruccional.

La categoría “Necesidad de microevaluación aplicada” (frecuencia 3/8) se vincula con la evaluación de impacto. Varios profesores plantean incorporar minisimulaciones, escenarios de decisión o preguntas que obliguen a aplicar criterios en situaciones límite, y no solo recordar definiciones (P6, P10).

También señalan que temas como planeación estratégica o desarrollo de competencias de diseño complejas se sienten forzados en microformatos y requieren espacios sincrónicos o actividades extendidas (P2, P7).

Tabla 57

Resumen de respuestas de los profesores sobre el programa con ML

Prof.	Pregunta Clave	Respuestas Similares Clave (Síntesis Temática)
P1 (H, Dr.)	Valoración General (Q1)	"Superó las expectativas en cuanto a tasa de finalización. Demuestra que el contenido breve sí es consumido. El problema es la transferencia real de juicio profesional."
P2 (M, Mtr.)	Efectividad (Q2)	"Muy eficaz para conceptos puntuales y actualización normativa (ej. materiales sustentables). Menos eficaz para el desarrollo de competencias de diseño complejas."
P3 (H, Mtr.)	Motivación (Q3)	"La motivación intrínseca es alta. Lo noté en el punto máximo de acceso a los módulos en horas fuera de oficina. Mucho mayor compromiso académico que en los PDFs tradicionales, pero la participación en foros fue nula."
P4 (H, Dr.)	Retroalimentación (Q5)	"Recibí retroalimentación excelente sobre los videos demostrativos, pero también quejas sobre la falta de debate. Utilizamos esta información para planear un microdebate semanal por correo, con resultados mixtos."
P5 (M, Mtr.)	Desafíos (Q7)	"El mayor reto es la producción de contenido. Crear microvideos de alta calidad y muy enfocados, que se sientan profesionales y no improvisados, consume mucho tiempo y recursos."
P6 (H, Mtr.)	Optimización (Q8)	"Necesitamos integrar mini-simulaciones o microevaluaciones de aplicación que no sean solo memorísticos, sino que fueren una toma de decisión. Esto valida la adquisición de habilidades, no solo de conocimiento."
P7 (H, Mtr.)	Contenido (Q9)	"El formato fue ideal para los temas de manejo de software y seguridad en obra. Eran temas que se podían fragmentar muy bien. Los temas de planeación estratégica se sintieron forzados."
P8 (H, Mtr.)	Medición de Impacto (Q11)	"Medimos la tasa de acierto en las microevaluaciones finales (Micro-Evaluación), pero nos falta métrica de transferencia a la práctica laboral. Actualmente, es solo autopercepción del alumno, lo cual no es suficiente."
Calificación General		Promedio: 8.4/10. (La calificación es alta, pero más crítica que la de los alumnos, reflejando las dificultades pedagógicas).

Tabla 58*Codificación de las respuestas de los profesores sobre el programa con ML*

Participante	Fragmento Clave	Código Abierto	Categoría Axial	Relevancia	Propuesta del Entrevistado
P1, P3, P8	"Superó las expectativas en tasa de finalización... mayor compromiso educativo que en los PDFs."	Alto compromiso educativo y Tasa de Consumo	Eficacia del Formato	Alta	Aumentar la oferta de módulos.
P2, P7	"Muy eficaz para conceptos puntuales y actualización normativa... ideal para manejo de software."	Adecuación a Tópicos Específicos	Fortaleza Didáctica del ML	Alta	Usarlo estratégicamente para habilidades muy definidas (just-in-time).
P3, P4	"La participación en foros fue nula... quejas sobre la falta de debate."	Aislamiento Social / Cero Interacción	Déficit de Socialización y Debate	Alta	Diseñar un microdebate forzado o espacios de discusión.
P1, P8	"Problema es la transferencia real de juicio... nos falta métrica de transferencia."	Dificultad para Evaluar Competencias Complejas	Medición y Evaluación de Impacto	Alta	Implementar microevaluaciones de aplicación y métricas de desempeño laboral.
P5	"El mayor reto es la producción de contenido. Crear microvideos de alta calidad consume mucho tiempo y recursos."	Alto Costo y Esfuerzo de Producción	Desafíos Operativos	Media	Invertir en software de autoría ágil y capacitación docente.
P6, P10	"Necesitamos integrar mini-simulaciones... que fueren una toma de decisión."	Necesidad de Micro-Evaluación Aplicada	Optimización de la Evaluación	Media	Reemplazar preguntas memorísticas por escenarios de decisión.
P7, P2	"Temas de planeación estratégica se sintieron forzados... menos eficaz para el desarrollo de competencias de diseño complejas."	Inadecuación a Tópicos Estratégicos	Límite del Formato	Media	Reservar temas complejos para estrategias de enseñanza híbrida

El análisis de frecuencia por categoría evidencia tanto fortalezas prometedoras como desafíos críticos que requieren atención, como se indican en la Tabla 59.

Tabla 59*Matriz de Frecuencia de las respuestas de los profesores por Categoría*

Categoría Abierta	Frecuencia (N=8)	Dónde Aparece (Preguntas)	Relevancia
Alto compromiso académico / Alta Tasa de Consumo	8	Q1, Q3, Q6	Alta
Déficit de Socialización y Debate	5	Q3, Q4, Q7	Alta
Dificultad en Medición de Competencias / Transferencia	4	Q1, Q8, Q11	Alta
Fortaleza en Tópicos Técnicos Puntuales (Software, Norma)	4	Q2, Q9, Q12	Alta
Alto Costo/Esfuerzo en Producción de Contenido	3	Q5, Q7, Q8	Media
Necesidad de Micro-Evaluación Aplicada (Microevaluaciones)	3	Q8, Q10	Media
Inadecuación para Tópicos Estratégicos/Complejos	2	Q2, Q9, Q13	Baja

En conjunto, estos hallazgos pintan un retrato del ML como una herramienta poderosa pero especializada, cuya efectividad depende críticamente de una aplicación contextualmente sensible y pedagógicamente fundamentada. Como se refleja en la Figura 12.

Figura 11

Frecuencia de las respuestas de los profesores por categoría axial



En términos de mejora continua, las entrevistas docentes señalan un giro necesario: pasar de una eficacia centrada en el consumo, muchos acceden, muchos terminan, a una eficacia centrada en la aplicación y la socialización.

La fase de Plan del ciclo PDCA implica redefinir la evaluación para que al menos la mitad de las preguntas se orienten a la toma de decisiones, capacitar a un equipo de soporte de producción que alivie la carga docente en la elaboración de videos y diseñar un repositorio de objetos de aprendizaje reutilizables.

La fase de Do implica pilotar estos cambios en algunos módulos, incorporar sesiones sincrónicas mensuales de 60 minutos como espacios de aplicación y discusión, y delegar en el equipo técnico la optimización móvil de los contenidos.

La fase de Check debería comparar el rendimiento en microevaluaciones memorísticas frente a las de aplicación, recoger la percepción de los docentes sobre el desarrollo del juicio profesional en las sesiones sincrónicas y medir la reducción del tiempo invertido en producción gracias al equipo de soporte.

La fase de Act permitiría consolidar los cambios como nuevo estándar en el Colegio si los datos muestran mejoras sostenidas en transferencia y sostenibilidad del programa.

La mirada docente presenta al ML como una herramienta potente pero especializada. Funciona bien para actualizaciones puntuales, para software y para normativa; se resiente cuando se le pide resolver tareas para las que no fue pensado, como la práctica deliberativa de competencias complejas sin apoyo de espacios de debate y supervisión.

6.9. Resultados integrados

La triangulación de entrevistas, encuestas, microevaluaciones y pruebas pre/post permite construir una narrativa consistente sobre la implementación del ML en el CICC. Los resultados convergen en tres planos: validez de la estrategia, tensiones estructurales del modelo y condiciones para su sostenibilidad.

En primer lugar, la estrategia se valida con datos robustos. La mejora significativa en los resultados de aprendizaje, reflejada en las pruebas pre/post y en las microevaluaciones, sumada a la alta satisfacción y a la percepción de utilidad práctica, muestra que el ML es una vía eficaz para cerrar brechas de actualización en normatividad, gestión y sustentabilidad.

Los hallazgos dialogan con la literatura que describe el ML como un recurso especialmente eficaz para la actualización just-in-time de profesionales con alta presión de tiempo (Clark & Mayer, 2016). En el caso del CICC, este efecto se observa tanto en

indicadores cuantitativos como en testimonios que narran decisiones concretas tomadas mejor gracias a un micromódulo.

En segundo lugar, el modelo revela una paradoja difícil de ignorar: la misma flexibilidad que lo hace atractivo tiende a debilitar la interacción social y a dejar algunos temas complejos con una sensación de tratamiento superficial.

Ingenieros y profesores coinciden en señalar que la experiencia puede vivirse como solitaria, que faltan espacios de intercambio entre pares y que ciertos contenidos exigen más de lo que una cápsula puede ofrecer. Siemens (2020) recuerda que la competencia digital significativa requiere usos reflexivos y situados; un ML puramente consumista corre el riesgo de quedarse en un nivel técnico sin construir comunidad ni criterio.

En tercer lugar, aparece el reto de la evaluación auténtica. El programa ha mostrado que sabe medir conocimiento declarativo y procedimental de forma eficaz; lo que está en juego ahora es la evaluación de competencias complejas y de la transferencia real al trabajo.

Las microevaluaciones y las pruebas *t* no capturan, por sí solas, la calidad del juicio profesional en obra. De aquí surge la necesidad de incorporar minisimulaciones, portafolios de evidencias laborales u otros instrumentos que vinculen el aprendizaje con decisiones tomadas en proyectos reales.

La sostenibilidad del programa también es importante. El alto esfuerzo requerido para producir microcontenidos de calidad, sumado a la necesidad de mantenerlos actualizados, indica que la expansión del ML no puede descansar solo en la buena voluntad del profesorado.

Se requiere una estrategia de curación de recursos existentes, un repositorio de objetos reutilizables y un equipo técnico que reparta las tareas de producción, tal como anticipan autores como Molenda (2003) en el análisis del diseño instruccional para educación a distancia.

En conjunto, el ML se perfila como pieza especializada dentro de un ecosistema formativo más amplio. Su valor reside en ofrecer acceso ágil, aplicable y contextualizado a contenidos clave; su límite aparece cuando se le exige suplir la discusión, la reflexión extendida y la evaluación del juicio profesional.

La decisión que queda sobre la mesa para el Colegio es clara: usar el ML allí donde aporta más, rodearlo de estrategias complementarias y asumirlo como una forma específica de hacer que el aprendizaje ocurra donde se toman las decisiones que importan.

Capítulo 7. Discusión

Los datos del capítulo de resultados confirman que el ML resulta pertinente para la brecha de actualización profesional del CICC, pero deja a la vista sus limitaciones, sus zonas de sombra y sus condiciones de éxito. Hay fuerza en los números y hay matices incómodos en las voces de quienes participaron.

La evidencia cuantitativa es sólida. Las mejoras significativas en las pruebas pre/post ($p < .001$), el efecto global del momento de medición ($\eta^2p = .84$) y los tamaños del efecto muy altos (d de Cohen entre 2.16 y 2.57), combinados con una calificación global de 8.8/10 para el programa, muestran que el ML resultó claramente efectivo en términos pedagógicos.

Las fuentes cualitativas actúan como freno a cualquier lectura demasiado optimista. Las entrevistas y los comentarios abiertos revelan una paradoja que atraviesa el modelo: la misma lógica que vuelve al ML tan útil para los ingenieros en obra limita su capacidad para construir comunidad y sostener aprendizajes complejos. La potencia y los desafíos del ML conviven en el mismo escenario.

7.1. El ML como herramienta eficaz con límites contextuales

El estudio muestra que el ML rinde al máximo cuando se le ubica para apoyar objetivos de aprendizaje bien acotados. En dominios donde el conocimiento es definido, las normas son claras y los procedimientos siguen protocolos estables, el modelo funciona con precisión.

De ahí que la actualización normativa y los procedimientos estandarizados hayan sido los terrenos donde se observaron los mayores avances.

El diseño de los micromódulos, información segmentada, objetivos claros y ejemplos directos ayudó a gestionar la carga cognitiva del aprendiz adulto, alineado con la teoría de la carga cognitiva de Sweller (2011) y con los principios de instrucción multimedia de Clark y Mayer (2016).

La valoración de la claridad ($M=4.6/5$) es una señal de que las decisiones de diseño (duración, foco, secuencia) facilitaron la comprensión.

El eje de Sustentabilidad fue donde el ML mostró su cara más transformadora. La ganancia más alta se produjo cuando los contenidos se conectaron con problemas muy concretos: drenaje pluvial en colonias específicas de Cancún, diseño bioclimático en clima cálido-húmedo, presión sobre mantos freáticos en proyectos hoteleros.

Illeris (2018) plantea que el aprendizaje significativo en adultos se activa cuando el contenido toca problemas reales, los resultados de este estudio van en esa dirección. Calcular huella hídrica tiene otro peso cuando se hace sobre un proyecto en la costa quintanarroense y no sobre un caso abstracto.

Los análisis muestran que el ML fue especialmente efectivo para quienes ya contaban con una base conceptual sólida.

El mejor desempeño de los participantes con posgrado en el eje de Sustentabilidad, así como la mayor ganancia relativa en profesionales con menor antigüedad, pero formación reciente, sugiere que el ML funciona mejor como sistema de actualización y reajuste fino que como vía principal para construir marcos conceptuales complejos desde cero.

La investigación obliga, por tanto, a ubicar al ML como herramienta especializada dentro de un ecosistema formativo más amplio. Es útil para reforzar, actualizar y conectar teoría con situaciones concretas.

Para formar juicio profesional para decisiones de alta complejidad, no rinde buenos frutos. El modelo se perfila como un complemento de la formación profunda.

7.2. La paradoja central

Los resultados dan forma a una paradoja que se presenta en todo el programa: el modelo que ofrece libertad y flexibilidad a unos necesita añadir acompañamiento y estructura para otros.

Los ingenieros menores de 40 años valoran, sobre todo, la autonomía, la posibilidad de “entrar y salir” de la plataforma según los huecos de su agenda y avanzar a su ritmo. El grupo mayor de 55 años, en cambio, reporta mayor satisfacción cuando existe tutoría visible, un acompañamiento que ordene el recorrido y haga explícitas las expectativas.

El análisis comparativo lo deja claro. La prueba *t* de muestras independientes muestra diferencias significativas en la valoración de la tutoría y el acompañamiento ($t(18) = -3.30$, $p < .01$, $d = 1.48$).

Los participantes de mayor edad otorgan mayor peso a este componente, mientras que la satisfacción global con el programa no difiere de manera significativa entre grupos. Queda claro que la tecnología funciona para ambos, pero la experiencia pedagógica deseada no es igual.

En las declaraciones de los ingenieros, la flexibilidad aparece como el valor más apreciado del ML. Un microvideo de tres minutos que resuelve una duda normativa se describe como “oro puro”. La posibilidad de adaptar el aprendizaje al ritmo cambiante de la construcción encaja con los principios andragógicos que Knowles (1984) asocia con la autonomía y la inmediatez.

Esa flexibilidad viene acompañada de una desventaja. Varios participantes describen la experiencia como “solitaria” y señalan la falta de debate, de contraste de perspectivas y de construcción colectiva de criterio.

Esa crítica conecta con la teoría del aprendizaje social de Bandura (1977) y con la idea de participación en comunidades de práctica de Lave y Wenger (1991): aprender es incorporar información, pero también dialogar, cuestionar, ver cómo otros resuelven el mismo problema. El ML, por sí solo ofrece poco espacio para ese componente social.

A la par, surge la tensión entre brevedad y profundidad. Las cápsulas de 3-5 minutos funcionan muy bien para criterios claros, por ejemplo, interpretar una disposición del Reglamento de Construcción, pero resultan insuficientes cuando la tarea exige integrar múltiples variables en un juicio profesional.

El cuerpo docente refuerza esta preocupación desde otro ángulo. Las y los profesores destacan la alta tasa de finalización y el compromiso con los contenidos, pero señalan la dificultad para evaluar la transferencia real de competencias complejas mediante microevaluaciones predominantemente factual-procedimentales.

El llamado “juicio profesional”, esa mezcla de experiencia, criterio técnico y lectura del contexto, no se captura del todo por preguntas cerradas de cinco opciones.

La paradoja queda dibujada con claridad: el ML es eficaz para transmitir conocimiento y apoyar decisiones puntuales en el trabajo; al mismo tiempo, puede aislar al aprendiz y quedarse corto cuando se le pide sostener discusiones complejas que requieren tiempo, contraste y acompañamiento.

7.2.1. Análisis de credibilidad y confianza en este hallazgo

El hallazgo de la tensión entre autonomía y acompañamiento se apoya en datos de este estudio, diferencias significativas por grupo etario en la valoración de la tutoría, con $p < .01$. La credibilidad del resultado aumenta cuando se observa que otros autores, en contextos distintos, describen fenómenos similares.

Las investigaciones de Martínez-Alcalá et al. (2024), centradas en adultos mayores de 50 años, resultan especialmente pertinentes. Sus hallazgos muestran que la adopción

exitosa de entornos digitales por parte de este grupo depende de una combinación de autonomía con apoyo emocional y pedagógico explícito.

No basta con ofrecer recursos accesibles; es necesario un acompañamiento que sostenga la confianza y la navegación. Esta conclusión coincide con las necesidades expresadas por los ingenieros del CICC mayores de 55 años.

El trabajo de Thillainadesan y Naganathan (2023), con residentes quirúrgicos, aporta otro punto de comparación útil. Se trata de un colectivo profesional de alta especialización, sometido a presión de tiempo y con tareas de riesgo, en cierto modo análogo a la práctica de la ingeniería civil en obra.

El estudio concluye que el ML fue efectivo únicamente cuando se combinó con experiencias clínicas supervisadas y aprendizaje experiencial, es decir, cuando la brevedad de las cápsulas se enlazó con tutoría directa y práctica situada.

Rof et al. (2024), en un contexto empresarial, describen un patrón parecido: los participantes valoran la flexibilidad del ML, pero reclaman acompañamiento cuando los contenidos abordan decisiones estratégicas o temas complejos.

La conclusión es clara: la efectividad del ML depende de un equilibrio entre brevedad, apoyo pedagógico y contextualización.

Estos trabajos se centran en poblaciones adultas que enfrentan brechas digitales, alta responsabilidad profesional o ambas cosas a la vez. La cercanía de estas condiciones con las del CICC hace que sus resultados sean transferibles y aumenten la confianza en la lectura que se hace de la paradoja en este estudio.

En contraste, la literatura que sostiene una visión más optimista de la autonomía en el ML, como la de Samala et al. (2023), Silva et al. (2025) o Monib et al. (2024), suele trabajar con grupos más jóvenes o con contenidos de menor complejidad, y tiende a resaltar las ventajas de la autoorganización sin detenerse en las brechas generacionales o en la dificultad

de abordar materias de alto riesgo técnico.

La extrapolación directa de esas conclusiones al contexto del CICC sería arriesgada.

La evidencia disponible apunta a un riesgo concreto: aplicar un modelo de ML basado casi exclusivamente en autonomía podría dejar fuera, o dejar a medias, a quienes tienen mayor edad y menor alfabetización digital.

Este grupo, según el presente estudio y según Martínez-Alcalá et al. (2024), necesita soporte estructurado y acompañamiento sostenido, no solo acceso libre a cápsulas.

El conjunto de autores que coinciden con la paradoja observada, por el tipo de población, la naturaleza profesional de sus sujetos de estudio y el tipo de retos que describen, ofrece un marco más adecuado para interpretar los resultados del CICC que aquellos trabajos que tratan el ML como solución universal para cualquier perfil.

De ahí que la estrategia educativa propuesta en esta tesis se apoye en esa lectura matizada y no en una defensa acrítica de la autonomía como valor absoluto.

7.3. Hacia un ecosistema híbrido

La discusión converge en una idea insistente: el ML necesita compañía en el plano pedagógico y organizacional. El modelo no pierde valor por ello; al contrario, gana precisión cuando se acepta que forma parte de un conjunto más amplio de estrategias.

La propuesta que se desprende de los resultados es la de un ecosistema híbrido. El ML ocuparía el lugar de base para la actualización rápida de contenidos técnicos, normativos y procedimentales, ámbitos en los que ya mostró eficacia clara.

Sobre esa base se articularían espacios sincrónicos breves, webinars de 60 a 90 minutos, talleres sabatinos dedicados a trabajar casos complejos, revisar decisiones tomadas en proyectos reales y poner en juego el juicio profesional.

En este esquema, las cápsulas cumplen una función muy concreta: garantizar que quienes asisten a una sesión interactiva comparten un vocabulario mínimo y un conjunto de referentes comunes.

La sesión ya no se gasta en “explicar desde cero”, sino en discutir y decidir. El tiempo sincrónico se vuelve un espacio de contraste y aplicación, no de transmisión unidireccional de contenidos.

El modelo híbrido también es útil para superar los desafíos de sostenibilidad identificados por el profesorado. La creación de un repositorio de objetos de aprendizaje reutilizables, videos breves, infografías, plantillas, microevaluaciones; permite reducir el esfuerzo de producción en cada iteración.

La facilitación distribuida de sesiones sincrónicas, apoyada en docentes y expertos locales, reparte la carga y evita que el programa dependa de unas pocas personas sobrecargadas.

La paradoja de la flexibilidad encuentra en este ecosistema una vía de salida razonable. El ingeniero que necesita resolver una duda puntual puede acceder a un microvideo desde su teléfono en el sitio de la obra.

El mismo ingeniero, cuando enfrenta una decisión que implica impacto ambiental, responsabilidad contractual o seguridad estructural, cuenta con un espacio de discusión donde su criterio se confronta con el de otros colegas y con la guía de un experto.

7.4. Limitaciones

Los resultados deben tomarse con cautela. La muestra, aunque representativa del CICC, se circunscribe a un contexto geográfico y organizacional específico. La realidad de un colegio de ingenieros en un entorno turístico y costero como Cancún no es idéntica a la de otras regiones del país, de modo que la generalización a otros colegios o asociaciones debe hacerse con reservas.

La sobrerrepresentación masculina en las entrevistas (13 de 15 participantes) reproduce la composición de la profesión, pero impide explorar con suficiente precisión posibles diferencias de percepción ligadas al género. Esa ausencia de contraste limita el análisis de cómo viven las ingenieras civiles la experiencia con el ML.

La estructura etaria introduce otra limitación. Mientras que la población colegiada tiene una media de 55 años, la muestra de la encuesta diagnóstica promedió 48 y el grupo que vivió la intervención tecnológica, 43.

Es decir, el experimento se aplicó a un segmento algo más joven que el promedio del padrón. Este sesgo puede inflar las valoraciones positivas del ML, ya que quienes participaron tienden a mostrar mayor familiaridad tecnológica que el grueso de los agremiados.

Desde el punto de vista metodológico, el diseño cuasiexperimental sin grupo de control impide comparaciones directas con otras modalidades formativas. Las mejoras pre/post son claras, pero no se puede afirmar, con los datos actuales, que el ML sea superior a otros formatos alternativos; solo que, en este contexto, funcionó bien.

La evaluación de la transferencia al puesto de trabajo se apoyó sobre todo en autorreportes, con el riesgo asociado de deseabilidad social. Futuras investigaciones deberían incorporar evidencias más directas: revisión de productos de trabajo, indicadores de desempeño, observación sistemática o retroalimentación de clientes y superiores.

La voz docente, aunque muy valiosa, procede de un grupo reducido de ocho profesores, todos con alta disposición hacia la innovación en tecnología educativa. Es posible que docentes más escépticos o con menor familiaridad digital hubieran ofrecido una mirada distinta, quizá más crítica, sobre la carga de trabajo y las dificultades del modelo.

El periodo de implementación fue breve. No se observaron múltiples ciclos de actualización, ajuste y reimplementación, de modo que la sostenibilidad del programa a largo plazo sigue siendo una pregunta abierta. La escalabilidad del ML en el CICC requerirá

estudios que sigan su evolución durante varios años.

7.5. Recomendaciones

7.5.1. Para la práctica profesional

Conviene consolidar un modelo híbrido que combine ML asincrónico con espacios sincrónicos de aplicación. El ML puede ocuparse de la base conceptual y normativa; las sesiones en línea o presenciales, de la discusión de casos reales de Cancún y la Península de Yucatán.

Horarios como el inicio de la jornada o la franja final de la tarde parecen los más ajustados a las condiciones laborales del gremio.

La creación de microcomunidades de práctica vinculadas a los módulos de ML ayudaría a corregir el déficit de interacción social. La finalización de cada módulo podría activar de manera automática una discusión breve, moderada por expertos, que obligue a salir del aprendizaje solitario y entrar en la conversación técnica.

Temas especialmente complejos, tal como la gestión de riesgos ambientales, decisiones urbanas de alto impacto, uso de inteligencia artificial aplicada al diseño y la supervisión, requieren rutas de profundización.

Estas rutas deberían mantenerse opcionales, para no sobrecargar a quienes solo necesitan actualización básica, pero estar disponibles para quienes deban asumir decisiones de alto impacto en obra o planeación.

7.5.2. Para la política institucional

El CICC puede avanzar hacia un sistema de credencialización que reconozca las competencias adquiridas mediante ML. Insignias digitales vinculadas a conjuntos de módulos, asociadas a trayectorias de desarrollo profesional, servirían como evidencia visible de actualización ante clientes, empresas y entidades reguladoras.

La producción de microcontenidos necesita reglas claras. Un conjunto de directrices institucionales sobre duración, formato, criterios técnicos y mecanismos de actualización ayudaría a mantener la calidad y a reducir la improvisación.

La creación de un repositorio institucional de objetos de aprendizaje, con metadatos que describan tema, nivel y usos posibles, facilitaría la reutilización y la adaptación a nuevos programas.

La transición hacia formatos de ML exige un programa de desarrollo docente específico. No basta con capacitar en el uso de una plataforma; se requiere trabajo sobre diseño de cápsulas, selección de ejemplos, elaboración de microevaluaciones aplicadas y articulación de sesiones sincrónicas que vayan más allá de la clase expositiva tradicional.

7.5.3. Para futuras investigaciones

Haría falta estudiar la retención a mediano plazo (6-12 meses) de los aprendizajes adquiridos mediante ML y compararla con la que producen cursos tradicionales o diplomados largos.

La memoria de conceptos normativos, criterios de diseño o prácticas de sustentabilidad puede erosionarse si no se utiliza; medir esa curva de olvido es clave para ajustar la frecuencia de las cápsulas y las actividades de refuerzo.

Otra línea pendiente es el análisis de factores culturales y organizacionales que condicionan la participación en entornos digitales, especialmente en el grupo de mayor edad. Algunas resistencias pueden estar menos relacionadas con la tecnología y más con la cultura de trabajo, los modos de relación jerárquica o el valor asignado al aprendizaje colectivo.

El potencial de la inteligencia artificial adaptativa para personalizar rutas de ML según perfil digital, experiencia, rol profesional y necesidades específicas de cada ingeniero abre un campo de experimentación prometedor. Un sistema capaz de sugerir módulos, niveles de apoyo y rutas de profundización en función de datos de desempeño podría mejorar la pertinencia del aprendizaje sin añadir complejidad innecesaria.

7.6. Conclusiones y aportaciones

El estudio coloca al ML como una herramienta poderosa cuando se diseña con cuidado y se utiliza en tareas para las que tiene sentido. La capacidad para ofrecer actualización accesible, aplicable y bien recibida por los participantes está respaldada por datos estadísticos y por testimonios concretos.

El futuro del modelo en el CICC dependerá de la manera en que se inserte en una arquitectura de formación que cuide tres piezas: profundidad conceptual, interacción social y desarrollo de juicio profesional.

Cuando esas piezas se descuidan, el ML corre el riesgo de convertirse en una colección de videos “útiles” pero desconectados de la transformación real de la práctica.

El modelo desarrollado puede ser la puerta de entrada a una comunidad de práctica más consciente de sus decisiones, más atenta a la sustentabilidad y más rigurosa en su trazabilidad documental.

La decisión que queda en manos del Colegio es clara: seguir tratándolo como un recurso aislado o asumir el reto de construir el ecosistema híbrido que esta investigación sugiere.

7.6.1. Diferenciación institucional y contribución original del modelo ML-CICC

El modelo Microlearning del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C. (ML-CICC) se construye en la práctica, y necesariamente en contraste, con modelos existentes como los del CICM y otras agrupaciones similares.

La Tabla 60 sintetiza el contexto comparativo y permite ubicar la propuesta en un mapa institucional más amplio.

El modelo del CICC se diseña para una realidad muy concreta: un colegio regional en un entorno turístico y de infraestructura emergente, con agremiados de edad promedio

cercana a los 55 años, dispersión geográfica y niveles heterogéneos de alfabetización digital.

El CICM, en cambio, opera en un contexto metropolitano con infraestructura académica consolidada, vínculos intensos con universidades capitalinas y una base de ingenieros más jóvenes y tecnológicamente más homogénea. Esta diferencia de partida condiciona las decisiones pedagógicas de cada modelo.

El ML-CICC apuesta por una estructura pedagógica híbrida que combina ML asincrónico, cápsulas breves y evaluación adaptativa, enmarcadas en un ciclo de mejora continua PDCA (Plan–Do–Check–Act) y apoyadas en un diagnóstico interno de necesidades.

Los modelos del CICM tienden a organizar la formación en diplomados presenciales o cursos síncronos extensos, con evaluaciones sumativas y cadenas lineales de planificación-ejecución-evaluación. Se trata de una diferencia de diseño: uno se ancla en la granularidad y el ajuste fino; el otro, en bloques largos y estructuras más estables.

En términos tecnológicos, el ML-CICC se apoya en una plataforma digital que organiza microcontenidos, evaluaciones breves, posibles herramientas de IA y seguimiento individualizado de tránsitos formativos.

Los sistemas LMS convencionales del CICM, según la revisión documental disponible, operan con lógica de curso completo, sin segmentación sistemática en cápsulas ni trazabilidad detallada de cada microaprendizaje.

La validación empírica representa otro punto de contraste. El modelo del CICC se sometió a pruebas pre/post con 30 participantes, análisis de t-test, efectos de tamaño, triangulación cuali-cuantitativa y uso explícito de la matriz DITRIAC.

Los programas del CICM suelen respaldarse en reportes de participación y encuestas de satisfacción, sin documentación de análisis estadísticos de impacto en el aprendizaje ni metainferencias mixtas.

La contribución teórica-práctica del ML-CICC puede describirse en tres niveles, sintetizados en la Tabla 61. En el plano cognitivo, el modelo demuestra que es posible estructurar microcontenidos que favorecen la adquisición de competencias normativas y técnicas, medibles y ligadas a problemas reales.

En el plano procedimental, la articulación con casos de obra y gestión convierte el aprendizaje en decisiones concretas sobre permisos, evidencia, programación y mitigación de impactos.

En el plano institucional, se establece un sistema de mejora continua y registro digital de desempeño que refuerza la autonomía formativa del Colegio frente a la dependencia exclusiva de programas nacionales.

El análisis comparativo indica que el ML-CICC no se limita a adaptar formatos digitales de moda a un contexto local. Propone un modelo que combina microlearning, PDCA y métodos mixtos explicativos sin precedentes identificados en los programas del CICM, y lo hace a partir de un diagnóstico detallado de necesidades profesionales de los agremiados en Cancún.

La propuesta se alinea, además, con las políticas de educación continua señaladas por organismos como la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior) y la CIFRHS (Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud), pero las aterriza en un escenario profesional específico, con condiciones de tiempo, presión y responsabilidad propias de la ingeniería civil en el sureste mexicano.

En esa intersección, entre teoría educativa, tecnología y realidad cotidiana de obra, se ubica la aportación original de este modelo.

La tesis deja, por tanto, una invitación nítida: aprovechar el ML como palanca para rediseñar la actualización profesional de los IC desde la evidencia, el contexto y la mejora continua.

Tabla 60*Contexto institucional comparativo*

Elemento	Modelo ML–CICC (Cancún)	Modelo CICM (Ciudad de México)
Finalidad principal	Desarrollar una estrategia integral de actualización profesional basada en microlearning y enfocada en la formación flexible de ingenieros con alto promedio de edad (55 años).	Mantener la educación continua tradicional mediante diplomados presenciales y cursos técnicos certificados por dependencias federales.
Contexto de aplicación	Entorno regional turístico y de infraestructura emergente (Quintana Roo); alta dispersión geográfica de agremiados.	Contexto metropolitano con infraestructura académica consolidada y vínculos formales con universidades capitalinas.
Población meta	125 agremiados activos del CICC: 89% hombres, 11% mujeres, con predominio de práctica privada y mediana alfabetización digital.	Ingenieros jóvenes y en formación continua; alto nivel de dominio tecnológico y participación en proyectos nacionales.
Estructura pedagógica	Modelo híbrido basado en microlearning asincrónico, cápsulas de conocimiento y evaluación adaptativa.	Modelo presencial o virtual síncrono con módulos extensos, clases magistrales y exámenes acumulativos.
Enfoque metodológico	Ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) y diseño instruccional adaptado a necesidades reales detectadas por diagnóstico interno.	Estructura tradicional lineal (planificación–ejecución–evaluación sumativa) sin integración explícita de mejora continua.
Soporte tecnológico	Plataforma digital autogestionada, evaluaciones microformativas, herramientas IA y seguimiento individualizado.	Sistemas LMS institucionales convencionales sin segmentación por microcontenidos.
Validación empírica	Evaluación pre/post con 30 participantes, entrevistas y análisis mixto DITRIAC.	Reportes de participación y satisfacción sin evidencia empírica documentada en publicaciones científicas.

Tabla 61*Contribución académica y valor agregado*

Dimensión	Aporte del modelo ML-CICC
Científica	Integra métodos mixtos, triangulación y validación empírica en un modelo de educación continua profesional.
Tecnológica	Introduce un sistema digital de microcontenidos evaluables y trazables.
Pedagógica	Propone un modelo andragógico adaptado al ritmo y experiencia profesional de ingenieros de mayor edad.
Institucional	Fortalece la autonomía formativa del CICC como organismo local, reduciendo dependencia de programas nacionales.
Regional	Genera una innovación educativa replicable en colegios del sureste mexicano, contextualizada y de bajo costo.

El modelo ML-CICC propone un nuevo paradigma de actualización profesional basado en microlearning, evidencia empírica y adaptación contextual.

Su aporte radica en trasladar la innovación educativa del aula universitaria al ámbito colegiado profesional, convirtiendo al CICC en un referente nacional de formación continua sustentada en tecnología educativa.

Referencias

- Aithal, A., & Aithal, S. (2020). Development and validation of survey questionnaire and experimental data: A systematic review-based statistical approach. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3724105>
- Alias, N., & Razak, R. (2023). Exploring the pedagogical aspects of microlearning in educational settings: A systematic literature review. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 20(2). <https://doi.org/10.32890/mjli2023.20.2.3>
- Almalki, S. (2016). Integrating quantitative and qualitative data in mixed methods research: Challenges and benefits. *Journal of Education and Learning*, 5(3), 288–296. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n3p288>
- Andrade, C. (2021). The inconvenient truth about convenience and purposive samples. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 43(1), 86–88. <https://doi.org/10.1177/0253717620977000>
- Azofeifa, J. D., Rueda-Castro, V., Camacho-Zuñiga, C., Chans, G. M., Membrillo-Hernández, J., & Caratozzolo, P. (2024). Future skills for Industry 4.0 integration and innovative learning for continuing engineering education. *Frontiers in Education*, 9, Article 1412018. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1412018>
- Bächtold, M. (2013). What do students “construct” according to constructivism in science education? *Research in Science Education*, 43, 2477–2496. <https://doi.org/10.1007/S11165-013-9369-7>
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice Hall.
- Bates, T. (2019). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. BCcampus.
- Betancur-Chicué, V., & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. G. (2023). Características del diseño de estrategias de microaprendizaje en escenarios educativos: Revisión sistemática. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 201–222. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34056>
- Bichi, A. A. (2016). Classical test theory: An introduction to linear modeling approach to test and item analysis. *International Journal for Social Studies*, 2(9), 27–33.

<https://doi.org/10.26643/ijss.v2i9.6690>

- Bielefeldt, A., & Morse, A. (2019). Teaching and assessment of innovation and creativity in civil engineering: Why? How? Now! In *2019 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--33342>
- Bradbury-Huang, H. (2010). What is good action research? Why the resurgent interest? *Action Research*, 8(1), 93–109. <https://doi.org/10.1177/1476750310362435>
- Brau, B. (2020). Constructivism. *United Nations peace operations and International Relations theory*. <https://doi.org/10.4135/9781483375519.n148>
- Bray, M., Adamson, B., & Mason, M. (Eds.). (2014). *Comparative education research: Approaches and methods*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05594-7>
- Bruyninckx, H. H. D., Hellweg, S., Schandl, H., Vidal, O., Razi, B., Noll, D., ... & Pfister, S. (2024). *Global resources outlook 2024: Bend the trend—Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44901>
- Chance, S., Lawlor, R., Direito, I., & Mitchell, J. (2021). Above and beyond: Ethics and responsibility in civil engineering. *Australasian Journal of Engineering Education*, 26(2), 93–116. <https://doi.org/10.1080/22054952.2021.1942767>
- Chevalier, J. M. (2019). *Participatory action research: Theory and methods for engaged inquiry*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351033268>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (4th ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C. (2023). *Estatutos del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.*
- Cornish, F., Breton, N., Moreno-Tabarez, U., Delgado, J., Rua, M., Aikins, D., & Hodgetts, D. (2023). Participatory action research. *Nature Reviews Methods Primers*, 3, Article 34. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00214-1>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and*

mixed methods approaches (5th ed.). SAGE.

- De Gagne, J. C., Park, H. K., Hall, K., Woodward, A., Yamane, S., & Kim, S. S. (2019). Microlearning in health professions education: A scoping review. *JMIR Medical Education*, 5(2), e13997. <https://doi.org/10.2196/13997>
- De Marco, A., Narbaev, T., Ottaviani, F. M., & Vanhoucke, M. (2024). Influence of cost contingency management on project estimates at completion. *International Journal of Construction Management*, 24(9), 935–945. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2239487>
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.
- Denny, E., & Weckesser, A. (2022). How to do qualitative research? *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 129(7), 1166–1167. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17150>
- Ebbinghaus, H. (2013). Memory: A contribution to experimental psychology. *Annals of Neurosciences*, 20(4), 155–156. <https://doi.org/10.5214/ans.0972.7531.200408>
- Emerson, L. C., & Berge, Z. L. (2018). Microlearning: Knowledge management applications and competency-based training in the workplace. *Knowledge Management & E-Learning*, 10(2), 125–132. <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2018.10.008>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Fitria, T. N. (2022). Microlearning in teaching and learning process: A review. *Cendekia: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa dan Pendidikan*, 2(4), 114–135. <https://doi.org/10.55606/cendekia.v2i4.473>
- Garavan, T., McCarthy, A., Sheehan, M., Lai, Y., Saunders, M., Clarke, N., Carbery, R., & Shanahan, V. (2019). Measuring the organizational impact of training: The need for greater methodological rigor. *Human Resource Development Quarterly*, 30(3), 291–309. <https://doi.org/10.1002/hrdq.21345>
- García-Segura, T., Montalbán-Domingo, L., Sanz-Benlloch, A., Domingo, A., Catalá, J., & Pellicer, E. (2023). Enhancing a comprehensive view of the infrastructure life cycle through project-based learning. *Journal of Civil Engineering Education*, 149(4).

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.00000072](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.00000072)

- Glidewell, L., Thomas, R., MacLennan, G., Bonetti, D., Johnston, M., Eccles, M. P., Edlin, R., Pitts, N. B., Clarkson, J. E., Steen, N., & Grimshaw, J. M. (2012). Do incentives, reminders or reduced burden improve healthcare professional response rates in postal questionnaires? Two randomized controlled trials. *BMC Health Services Research*, 12, Article 250. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-12-250>
- Guerra, A., & Rodríguez-Mesa, F. (2021). Educating engineers 2030: PBL, social progress and sustainability. *European Journal of Engineering Education*, 46(1–2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1828678>
- Guo, B. H. W., Yiu, T. W., & González, V. A. (2016). Predicting safety behavior in the construction industry: Development and test of an integrative model. *Safety Science*, 84, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.11.020>
- Gutiérrez-Gómez, P. (2024). Aprendizaje desarrollador de competencias en Ingeniería Civil: Un enfoque integral ante la complejidad. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(1), 790–809. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.1.2199>
- Hains, D. B., & O'Connor, M. (2018). The civil engineering body of knowledge: Supporting ASCE's Grand Challenge. In *2018 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--31083>
- Haladyna, T. M., & Rodriguez, M. C. (2013). *Developing and validating test items*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203850381>
- Hendry, G. D. (1996). Constructivism and educational practice. *Australian Journal of Education*, 40(1), 19–45. <https://doi.org/10.1177/000494419604000103>
- Hennink, M. M., Kaiser, B. N., & Marconi, V. C. (2017). Code saturation versus meaning saturation: How many interviews are enough? *Qualitative Health Research*, 27(4), 591–608. <https://doi.org/10.1177/1049732316665344>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Heydari, S., Adibi, P., Omid, A., & Yamani, N. (2019). Preferences of the medical faculty members for electronic faculty development programs (e-FDP): A qualitative study. *Advances in Medical Education and Practice*, 10, 515–526.

<https://doi.org/10.2147/AMEP.S205306>

- Huang, J. L., Liu, M., & Bowling, N. A. (2022). Insufficient effort responding: Examining an insidious problem in data quality. *Journal of Applied Psychology*, 107(5), 1259–1270. <https://doi.org/10.1037/apl0001001>
- Humble, S. (2020). *Quantitative analysis of questionnaires*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429400469>
- Illeris, K. (Ed.). (2018). *Contemporary theories of learning* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315147277>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001: Environmental management systems - Requirements with guidance for use*.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works*.
- Joo, Y. J., Park, S., & Shin, E. K. (2021). Students' expectation, satisfaction, and continuous intention toward using microlearning. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 171–183. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09841-x>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Jumaah, F. (2024). Exploring constructivist learning theory and its applications in teaching English. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*, 6(8). <https://doi.org/10.37547/tajssei/Volume06Issue08-02>
- Kapp, F., Proske, A., Narciss, S., & Körndle, H. (2015). Distributing vs. blocking learning questions in a web-based learning environment. *Journal of Educational Computing Research*, 51(4), 397–416. <https://doi.org/10.2190/EC.51.4.b>
- Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (13th ed.). Wiley.
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2016). *Evaluating training programs: The four levels* (4th ed.). Berrett-Koehler.
- Knott, E., Rao, A. H., Summers, K., & Teeger, C. (2022). Interviews in the social sciences. *Nature Reviews Methods Primers*, 2, Article 73. <https://doi.org/10.1038/s43586-022->

00150-6

- Knowles, M. S., Holton, E. F., III, & Swanson, R. A. (2015). *The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development* (9th ed.). Routledge.
- Kubalskyi, O. (2024). Cultural-anthropological basis of strong constructivism in social cognition. *Anthropological Measurements of Philosophical Research*, 25. <https://doi.org/10.15802/ampr.v0i25.307595>
- Langley, G. J., Moen, R. D., Nolan, K. M., Nolan, T. W., Norman, C. L., & Provost, L. P. (2009). *The improvement guide: A practical approach to enhancing organizational performance* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lee, Y. (2023). Mobile microlearning: A systematic literature review and its implications. *Interactive Learning Environments*, 31(8), 4636–4651. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1977964>
- Leong, K., Sung, A., Au, D., & Blanchard, C. (2021). A review of the trend of microlearning. *Journal of Work-Applied Management*, 13(1), 88–102. <https://doi.org/10.1108/JWAM-10-2020-0044>
- Liu, Z.-Y., Lomovtseva, N., & Korobeynikova, E. (2020). Online learning platforms: Reconstructing modern higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(13), 4–21. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14645>
- Martínez-Mena, M. M., Rivera-Gutiérrez, E., & Higuera-Zimbrón, A. (2022). Leadership development in initial teacher training. *Revista de Pedagogía Crítica*, 15(6), 10–18. <https://doi.org/10.35429/jcp.2022.15.6.10.18>
- Martínez-Alcalá, C., Martínez-Lazcano, V., Cabero-Almenara, J., Aguilar-Lira, L., & González-Vera, C. N. (2024). Impact of active methodologies on the digital competencies of elderly. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1524636>
- Matthews, M. R. (2000). Appraising constructivism in science and mathematics education. *Teachers College Record*, 102(1), 161–192. <https://doi.org/10.1177/016146810010200706>

- Mekacher, L. (2022). Education 4.0: Hybrid learning and microlearning in a smart environment. *PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning*, 6(1), 127–141. <https://doi.org/10.20319/pijtel.2022.61.127141>
- Merriam, S. B., & Bierema, L. L. (2013). *Adult learning: Linking theory and practice*. Jossey-Bass.
- Mintzberg, H. (1994). *The rise and fall of strategic planning*. Free Press.
- Miranda, M., Saiz-Linares, Á., da Costa, A., & Castro, J. (2020). Active, experiential and reflective training in civil engineering: Evaluation of a project-based learning proposal. *European Journal of Engineering Education*, 45(6), 937–956. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1785400>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mitchell, J., Nyamapfene, A., Roach, K., & Tilley, E. (2021). Faculty wide curriculum reform: The integrated engineering programme. *European Journal of Engineering Education*, 46(1), 48–66. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1593324>
- Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance Improvement*, 42(5), 34–37. <https://doi.org/10.1002/pfi.4930420508>
- Monib, W. K., Qazi, A., & Apong, R. (2024). Microlearning beyond boundaries: A systematic review and a novel framework for improving learning outcomes. *Heliyon*, 11, e41413. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41413>
- Muench, S. T. (2006). Self-managed learning model for civil engineering continuing training. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132(3), 209–216. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2006\)132:3\(209\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2006)132:3(209))
- Murre, J. M. J., & Dros, J. (2015). Replication and analysis of Ebbinghaus' forgetting curve. *PLOS ONE*, 10(7), e0120644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120644>
- Nair, S., & Prem, S. (2020). A framework for mixed-method research. *Management Science Letters*, 8, 45–53. <https://doi.org/10.34293/management.v8i2.3220>
- Nikou, S. A., & Economides, A. A. (2018). Mobile-based micro-learning and assessment: Impact on learning performance and motivation of high school students. *Journal of*

- Computer Assisted Learning*, 34(3), 269–278. <https://doi.org/10.1111/jcal.12240>
- Özgenel, M., Brown, M., Hara, J., & Özkan, M. (2024). Redefining the impact of professional development in education with ProDES (Professional Development Evaluation Scale). *International Journal of Assessment Tools in Education*. <https://doi.org/10.21449/ijate.1327238>
- Palmon, D., Seidel, D., & Hsu, W.-S. (2021). Designing effective microlearning: The challenges of instructional quality and production scale. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 893–909. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09838-5>
- Piaget, J. (1975). *La formación del símbolo en el niño: Imitación, juego y sueño, imagen y representación*. Morata.
- Polasek, R., & Javorcik, T. (2019). Microlearning approach to e-learning course creation and reasons for it. In *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5137969>
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459–467. <https://doi.org/10.1002/nur.20199>
- Poschauko, V. C., Kreuzer, E., Hirz, M., & Pacher, C. (2024). Engineering education goes lifelong learning: Modularized technical vocational education and training program for the automotive sector. *Procedia Computer Science*, 232, 1799–1808. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.002>
- Prior, F., Paton, M., Tipping, J., Schneeweiss, S., & Mack, H. G. (2020). Microlearning to improve CPD learning objectives. *The Clinical Teacher*, 17(6), 695–699. <https://doi.org/10.1111/tct.13208>
- Reed, M. S., Ferré, M., Martin-Ortega, J., Blanche, R., Lawford-Rolfe, R., Dallimer, M., & Holden, J. (2021). Evaluating impact from research: A methodological framework. *Research Policy*, 50(4), Article 104147. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104147>
- Rof, A., Bikfalvi, A., & Marques, P. (2024). Exploring learner satisfaction and the effectiveness of microlearning in higher education. *The Internet and Higher Education*, 62, 100952. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100952>
- Roth, E., Moencks, M., Beitinger, G., Freigang, A., & Bohné, T. (2022). Microlearning in

- human-centric production systems. In *2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 37–41). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM55944.2022.9989589>
- Salinas, J., & Marín, V. I. (2015). Pasado, presente y futuro del microlearning como estrategia para el desarrollo profesional. *Campus Virtuales*, 3(2), 46–61.
- Samala, A., Bojić, L., Bekiroğlu, D., Watrianthos, R., & Hendriyani, Y. (2023). Microlearning: Transforming education with bite-sized learning on the go—Insights and applications. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(21), 4–24. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i21.42951>
- Samuel, S., & Farrer, H. (2025). Integrating the PDCA cycle for continuous improvement and academic quality enhancement in higher education. *Journal of Comparative & International Higher Education*. <https://doi.org/10.32674/yzwgmy25>
- Sankaranarayanan, R., Leung, J., Abramenko-Lachheb, V., Seo, G., & Lachheb, A. (2023). Microlearning in diverse contexts: A bibliometric analysis. *TechTrends*, 67(2), 260–276. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00794-x>
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H., & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: Exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & Quantity*, 52(4), 1893–1907. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0574-8>
- Serrador, P., & Turner, R. (2015). The relationship between project success and project efficiency. *Project Management Journal*, 46(1), 30–39. <https://doi.org/10.1002/pmj.21468>
- Shail, M. S. (2019). Using micro-learning on mobile applications to increase knowledge retention and work performance: A review of literature. *Cureus*, 11(8), e5307. <https://doi.org/10.7759/cureus.5307>
- Siemens, G. (2020). Learning analytics in professional contexts. *Journal of Learning Analytics*, 7(3), 1–18.
- Silva, E., da Costa, W., Lima, J., & Ferreira, J. (2025). Contribution of microlearning in basic education: A systematic review. *Education Sciences*, 15(3), Article 302. <https://doi.org/10.3390/educsci15030302>

- Sjøberg, S. (2010). Constructivism and learning. In *International encyclopedia of education* (pp. 485–490). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00467-X>
- Sofi-Karim, M., Bali, A. O., & Rached, K. (2023). Online education via media platforms and applications as an innovative teaching method. *Education and Information Technologies*, 28, 507–523. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11188-0>
- Stangier, U., Schüller, J., & Brähler, E. (2021). Development and validation of a new instrument to measure social pain. *Scientific Reports*, 11(1), Article 8283. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87351-3>
- Suen, L. J. W., Huang, H. M., & Lee, H. H. (2014). A comparison of convenience sampling and purposive sampling. *Hu Li Za Zhi*, 61(3), 105–111. <https://doi.org/10.6224/JN.61.3.105>
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2020). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 11, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.5dfb.8dfd>
- Tennyson, C. D., Smallheer, B. A., & De Gagne, J. C. (2022). Microlearning strategies in nurse practitioner education. *Nurse Educator*, 47(1), 2–3. <https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000001083>
- Thillainadesan, S., & Naganathan, V. (2023). Microlearning for surgical residents enhances perioperative comprehensive geriatric assessment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 71(S1), E30–E33. <https://doi.org/10.1111/jgs.18612>
- Udhayakumar, R., & Karthikeyan, P. (2016). Career advancement of civil engineering by adopting PMI–PMBOK process in construction projects. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 10(7), 305–309.
- Uotila, U., Keskiniva, K., Junnonen, J.-M., & Saari, A. (2024). Developing engineering students' generic and professional skills through a consultative approach to project-based learning. *European Journal of Engineering Education*, 49(4), 667–682. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2286329>
- Vani, M., Baig, Y. M., Wesley, C., & Iqbal, S. R. (2021). Sustainable project-based learning: A more practical approach. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34,

- 1–7. <https://doi.org/10.16920/JEET/2021/V34I0/157172>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wall, J., & Ahmed, V. (2008). Lessons learned from a case study in deploying blended learning continuing professional development. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15(2), 185–202. <https://doi.org/10.1108/09699980810852673>
- Wang, C., Bakhet, M., Roberts, D., Gnani, S., & El-Osta, A. (2020). The efficacy of microlearning in improving self-care capability: A systematic review of the literature. *Public Health*, 186, 286–296. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.07.007>
- Widyakusuma, A., & Hakim, R. R. (2024). Crafting engineers for tomorrow: Aligning education with industry to achieve sustainable development. *Interdisciplinary Journal and Humanity*. <https://doi.org/10.58631/injurity.v3i11.1308>
- Yadav, C., & Yadav, S. (2021). Role and needs of constructivism in education. *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies*, 9(69). <https://doi.org/10.21922/srjis.v9i69.10033>
- Yusuf, A. O., Afolabi, A., Akanmu, A., Murzi, H., Nieto Leal, A., Ball, S., & Ofori-Boadu, A. (2025). Collaborations between industry and academia for future workforce development: Construction practitioners' perspective. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(5), 3166–3186. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2023-0683>
- Zha, N., Alabousi, M., Katz, D. S., Su, J., & Patlas, M. N. (2020). Factors affecting response rates in medical imaging survey studies. *Academic Radiology*, 27(3), 421–427. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.06.005>
- Zhang, J., & West, R. E. (2020). Designing microlearning instruction for professional development through a competency-based approach. *TechTrends*, 64(2), 310–318. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00449-4>
- Zhu, L., & Atompag, S. (2023). The application of constructivism theory in enhancing classroom teaching. *Journal of Contemporary Educational Research*, 7(12). <https://doi.org/10.26689/jcer.v7i12.5792>

Anexos**Guía de entrevista para determinar si se necesitan cursos. Anexo A1**

Lugar y fecha _____

Investigación realizada por José Pérez Naranjo

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Estimado participante:

Esta es una investigación de viabilidad para el proyecto, “Construcción de una estrategia integral de actualización profesional basada en la incorporación de ML, para asociados en el Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.”

Los datos que se obtuvieron de esta entrevista se utilizaron exclusivamente para determinar la viabilidad de este proyecto de investigación. Se garantiza al entrevistado la privacidad de esta información.

Preguntas:

1. ¿Cómo considera usted, el estado actual de la actualización profesional de ingenieros civiles en el Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.?
2. ¿Considera necesario que los IC tengan cursos de actualización profesional?
3. Considerando su ritmo laboral y las restricciones de tiempo/lugar, ¿qué características específicas de formato, duración o accesibilidad (por ejemplo, contenidos cortos, uso del móvil o flexibilidad horaria) facilitarían su actualización profesional continua?

Cursos que se imparten en el Colegio de Ingenieros Civiles de México. Anexo A2

Cálculo estructural

1. Análisis estructural I (estructuras isostáticas).
2. Análisis estructural II (estructuras hiperestáticas).
3. Análisis estructural III
4. Básico de estructuras de concreto (tres módulos).
5. Evaluación de patologías del concreto.
6. Respuesta ante desastres: huracanes, inundaciones, incendios y explosiones.
7. Estudios de integridad estructural en edificios de alta importancia social, cultural, económica o de seguridad nacional.
8. Aplicación práctica del presfuerzo en estructuras de concreto.
9. Puentes segmentados.
10. Análisis sísmico de acuerdo con el MDOC-08 de CFE.
11. Código de prácticas generales del IMCA 2015 para la construcción de estructuras de acero.
12. Curso práctico de actualización de diseño en estructuras de acero con las especificaciones IMCA 2014, bajo los métodos DFCD(LRFD) y DRP (ASD)
13. Cálculo de estructuras y presupuesto con una sola herramienta.
14. Modelación, análisis y documentación de estructuras

Construcción

1. Bitácora de supervisión de vivienda.
2. Cumplimiento normativo de materiales y accesorios en la construcción de vivienda.
3. Taller de habilidades del supervisor de vivienda.
4. Como elaborar un programa interno de protección civil.
5. Como elaborar un programa interno de protección civil durante excavación y construcción.
6. Curso de actualización en protección civil por agentes perturbadores geológicos
7. Instalaciones para las edificaciones
8. Bitácora electrónica de obra pública.

9. Seminario de orientación para aspirantes a obtener el registro como PCO.
10. Seminario de orientación para aspirantes a obtener el registro como PRO.
11. Precios unitarios I.
12. Precios unitarios II.
13. Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas y su reglamento.
14. Tipos, costos y rendimientos de maquinaria pesada para la construcción.
15. Nueva metodología para la identificación y cuantificación de los costos indirectos, del financiamiento y de la utilidad, en empresas constructoras.
16. Auditoria de obra pública.
17. Actualización normativa en materia de obras públicas y servicios relacionados con las mismas.
18. Actualización normativa en materia de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público.
19. Administración pública.
20. Administración de contratos de obra pública.
21. Licitaciones públicas y adjudicaciones de contratos de obras públicas.
22. Manejo y uso de la bitácora con aplicaciones prácticas.
23. Supervisión de obras.
24. Preparación de estudios de mercado para las adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público.
25. Procedimientos técnicos jurídicos para recuperar costos adicionales de obra.
26. Protección contra incendios en la construcción.
27. Curso para cálculo de anclaje C-FIX.
28. Interpretación de la normativa de SCT.
29. Revisión de propuestas y licitaciones de obra pública.
30. Proyecto y construcción de albercas.

Hidráulica sanitaria y ambiental

1. Conexiones y descargas de líneas de drenaje, instalación y análisis hidráulico.
2. Optimización de procedimientos de diseño de drenaje sanitario.
3. Proyecto de drenaje pluvial urbano, NMX-168

4. Curso – taller para usar el modelo AERMOD de la USEPA.
5. Optimización de procedimiento de diseño de agua potable – instalaciones hidráulicas.
6. De los edificios sustentables a la certificación leed (USA).
7. Procesos de proyectos de agua potable.
8. Evaluación de impactos ambientales en la construcción.
9. Impacto ambiental (elaboración de las MIA's).
10. Proyecto de instalación hidráulica y sanitaria en albercas.

Planeación

1. Planeación, programación y control de obra.
2. Seminario gerencia de proyectos de ingeniería (dos módulos).
3. Planeación de la infraestructura de vías terrestres y su impacto ambiental.
4. Riesgos ambientales y sociales por considerar en la planificación de proyectos.
5. Ley federal anticorrupción en contrataciones públicas.
6. Desarrollo de los proyectos de inversión en los pueblos mágicos.

Geotecnia

1. Seminario en diseño y construcción de cimentaciones (9 módulos).

Habilidades directivas

1. Coaching ejecutivo para ingenieros.
2. Finanzas para ingenieros.
3. BIS 5x4: curso de alto impacto (Business Intelligent System).
4. Administración de inventarios.
5. Diplomado en asociaciones público y privadas.

Informática

1. Epanet
2. Microsoft Project
3. Neodata 2014
4. Curso básico de modelos BIM con REVIT.
5. Opus 2015
6. SAP 2000 básico.
7. SAP 2000 intermedio.

8. SAP 2000 avanzado.
9. Desarrollo avanzado de memorias de cálculo de análisis y diseño estructural.
10. SAFE
11. TRICALC 8.1
12. AUTOCAD para principiantes
13. Iniciación a la computación.
14. Mapas mentales con Mindmanager.
15. Introducción a la seguridad informática.
16. AUTOCAD básico
17. AUTOCAD intermedio
18. Modelos BIM con REVIT architecture.
19. Modelos BIM con REVIT structure.

Valuación

1. Seminario valuación de maquinaria y equipo.
2. Seminario introducción al derecho para valuadores (4 módulos).
3. Contabilidad básica para ingenieros valuadores de activos fijos.
4. Matemáticas financieras aplicadas a la valuación de negocios.
5. Taller de evaluación financiera de proyectos inmobiliarios.
6. Taller de tasas aplicables en valuación de inmuebles.
7. Taller de algoritmos para la elaboración de avalúos.
8. Taller de valuación fiscal.
9. Taller de plazas comerciales.
10. Taller de condominios sobre naves industriales.
11. Taller de valuación de bodegas y silos.
12. Taller de maquinaria y equipo agroindustrial.
13. Taller de valor de la tierra urbana y suburbana.
14. Taller de estudio analítico de mercado inmobiliario
15. Taller de elementos de valuación de bienes agrícolas distintos de la tierra.
16. Taller de valuación sobre temas selectos de valor de oportunidad.
17. Taller de valuación de maquinaria y equipo industrial.

18. Taller de valuación sobre temas selectos de lucro cesante.
19. Taller sobre la valuación y la ley de asociaciones público o privadas.
20. Taller de valuación de inmuebles sustentables.
21. Taller de valuación de edificios inteligentes.
22. Taller de justipreciación de rentas de inmuebles y productos.
23. Los estilos, tendencias y corrientes de la producción arquitectónica y su significación patrimonial como elementos incidentes en la asignación del valor inmobiliario.

Transporte

1. La gestión intermodal de la movilidad de las mercancías.
2. Curso superior en gestión de la cadena de transporte.
3. Transporte por carretera.
4. Transporte por ferrocarril.
5. Transporte en barco.
6. Transporte y logística internacional.

Educación en línea

1. Cómo administrar Moodle.
2. Moodle para profesores.
3. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos de Administración.
4. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Geotecnia
5. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Sanitaria y ambiental.
6. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Transporte.
7. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Geomática.
8. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Hidráulica.
9. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Construcción.
10. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Estructuras.
11. Guía del curso para presentar el examen general de conocimientos. Planeación y sistemas.

Encuesta de necesidades de actualización profesional. Anexo A3

Encuesta Diagnóstica: Necesidades de Actualización Profesional para asociados del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Propósito de la investigación: Esta encuesta busca identificar las principales necesidades de formación continua de los asociados al Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C., con el objetivo de priorizar ejes curriculares y segmentar programas de capacitación según el perfil profesional y la familiaridad digital. Los resultados se utilizarán solo con fines académicos.

Instrucciones:

Lea cada afirmación cuidadosamente. Seleccione la opción que mejor represente su situación, experiencia o preferencia utilizando la escala Likert proporcionada. No hay respuestas correctas o incorrectas; su opinión honesta es lo más valioso.

Consentimiento Informado: Al proceder con esta encuesta, usted da su consentimiento para participar voluntariamente en esta investigación académica. Toda la información proporcionada es anónima y confidencial, y se manejará de acuerdo con el aviso de privacidad de la institución.

Regla de calidad: Para que su respuesta sea considerada válida, debe completar al menos el 70% de los ítems.

Sección B: Perfil y Contexto Profesional

B1. Años de experiencia profesional como ingeniero civil:

☐ Menos de 2 años ☐ 2 a 5 años ☐ 6 a 10 años ☐ 11 a 15 años ☐ Más de 15 años

B2. Su área principal de ejercicio:

- ☐ Diseño Estructural ☐ Gestión de Proyectos y Obra ☐ Vialidad y Transporte
☐ Hidráulica e Hidrología ☐ Suelos y Geotecnia ☐ Supervisión y Dirección de Obra
☐ Otro: _____

B3. Rol o puesto actual más representativo:

- ☐ Proyectista / Calculista ☐ Residente de Obra ☐ Director / Gerente de Proyecto
☐ Supervisor / Inspector ☐ Consultor / Asesor ☐ Docente / Investigador
 Otro: _____

B4. Tamaño de la empresa/organización donde labora principalmente:

- ☐ Estudio/Despacho ☐ Empresa Mediana (11-50 personas) ☐ Empresa Grande o Corporativo (>50 personas)
☐ Pequeño (1-10 personas)

B5. Tipo de contexto laboral:

- ☐ Independiente ☐ Sector Público ☐ Sector Privado

B6. Modalidad de trabajo predominante en sus proyectos:

- ☐ 100% Presencial ☐ Mayormente Presencial ☐ Híbrido (Pres./Remoto)
☐ Mayormente Remoto

B7. Con el propósito de validar las respuestas, por favor seleccione la opción "Algo" en esta pregunta.

- ☐ Nada ☐ Poco ☐ Algo ☐ Bastante ☐ Mucho

Sección A: Brechas de Conocimiento y Competencia (Ejes Curriculares)

Instrucción: Valore su necesidad de actualización o fortalecimiento en las siguientes áreas,

donde 1 = Nada necesario, 2 = Poco necesario, 3 = Algo necesario, 4 = Bastante necesario y 5 = Muy necesario.

Eje A1: Marco Normativo y Regulatorio

A1.1. Necesito conocer los últimos cambios en normativas locales y nacionales de construcción y desarrollo urbano.

(1) (2) (3) (4) (5)

A1.2. Requiero mejorar mi habilidad para interpretar y aplicar normas técnicas específicas (ej. estructurales, ambientales) en mis proyectos.

(1) (2) (3) (4) (5)

A1.3. Necesito actualizar mi habilidad para documentar y evidenciar el cumplimiento normativo en mis proyectos.

(1) (2) (3) (4) (5)

Eje A2: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

A2.1. Necesito integrar criterios de diseño bioclimático y eficiencia energética en mis proyectos.

(1) (2) (3) (4) (5)

A2.2. Requiero aplicar metodologías de evaluación de impacto ambiental y social en fases tempranas del proyecto.

(1) (2) (3) (4) (5)

A2.3. Necesito desarrollar mi habilidad para seleccionar y especificar materiales y tecnologías de construcción sustentables.

(1) (2) (3) (4) (5)

A2.4. Necesito estrategias para la gestión eficiente del agua (captación, reúso) y manejo de

residuos de construcción.

(1) (2) (3) (4) (5)

Eje A3: Gestión de Proyectos y Coordinación

A3.1. Requiero fortalecer mis técnicas para la planificación, programación y control de obra.

(1) (2) (3) (4) (5)

A3.2. Necesito mejorar la gestión de restricciones, variantes y el control de cambios durante la ejecución.

(1) (2) (3) (4) (5)

A3.3. Necesito la habilidad para documentar de manera clara y sistemática las decisiones y acuerdos de coordinación entre disciplinas.

(1) (2) (3) (4) (5)

Sección C: Familiaridad y Competencia Digital

Instrucción: Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre su manejo de herramientas digitales, donde 1 = Nada y 5 = Mucho.

C1. Utilizo software de gestión de proyectos (ej. MS Project o similar) con soltura.

(1) (2) (3) (4) (5)

C2. Manejo con confianza hojas de cálculo (Excel o similar) para análisis de datos y elaboración de informes.

(1) (2) (3) (4) (5)

C3. Soy capaz de utilizar plataformas en la nube (ej. Google Drive, SharePoint, BIM 360) para compartir y colaborar en documentos de proyecto.

(1) (2) (3) (4) (5)

C4. Aplico consistentemente una nomenclatura estándar para organizar archivos y planos.

(1) (2) (3) (4) (5)

C5. Puedo interpretar datos y cuadros de mando (tableros de BI) para la toma de decisiones.

(1) (2) (3) (4) (5)

C6. Me siento cómodo utilizando software de visualización 3D o GIS para análisis de sitio y presentación de proyectos.

(1) (2) (3) (4) (5)

C7. Ítem de atención: Por favor, seleccione "Bastante" para demostrar que está leyendo atentamente.

(1) (2) (3) (4) (5)

Sección D: Preferencias de Formación y Capacitación

Instrucción: Indique su preferencia respecto a las siguientes características de un programa de capacitación, donde 1 = Nada y 5 = Mucho.

D1. Prefiero microcontenidos (≤ 5 min) enfocados en un solo concepto, con una tarea breve de aplicación.

(1) (2) (3) (4) (5)

D2. Valoro recibir retroalimentación corta y puntual sobre mis actividades o evaluaciones.

(1) (2) (3) (4) (5)

D3. Es importante para mí poder acceder a los contenidos desde mi móvil o tablet sin pérdida de usabilidad.

(1) (2) (3) (4) (5)

D4. Encuentro muy útiles las plantillas, checklist y documentos listos para usar en obra.

(1) (2) (3) (4) (5)

D5. Me resulta útil discutir casos reales y soluciones con colegas en un foro o comunidad de práctica.

(1) (2) (3) (4) (5)

D6. Prefiero evaluaciones breves por módulo (≤ 5 ítems) que verifiquen la comprensión de los conceptos clave.

(1) (2) (3) (4) (5)

D7. Aprecio la posibilidad de una tutoría breve (mensajes o videollamadas de 15–20 min) cuando tengo una duda específica.

(1) (2) (3) (4) (5)

D8. Prefiero que los módulos incluyan ejemplos y casos de estudio aplicados al contexto de Cancún y la Península de Yucatán.

(1) (2) (3) (4) (5)

D9. Me ayudan los resúmenes visuales (infografías, mapas conceptuales) al final de cada tema.

(1) (2) (3) (4) (5)

Comentarios Finales (Opcional)

¿Hay algún otro tema de actualización, habilidad o desafío específico que no haya sido considerado en esta encuesta y que considere importante para su desarrollo profesional?

(Espacio para texto)

¡Gracias por su valiosa participación!

Su contribución es fundamental para el diseño de programas de capacitación más relevantes y efectivos para la comunidad de IC del Colegio.

Mapeo de Ítems - Encuesta Diagnóstica de Necesidades de Actualización Profesional

Propósito del Mapeo

Este documento detalla la estructura lógica de la encuesta, vinculando cada ítem con los constructos medidos, ejes curriculares y objetivos de investigación para validar la validez de contenido y facilitar el análisis posterior.

Matriz de mapeo completo

Sección B: Perfil y contexto profesional

Ítem	Constructo Específico	Variable de Segmentación	Objetivo de Investigación	Eje Curricular Asociado
B1	Experiencia profesional	Nivel de experiencia	Segmentar por antigüedad	Todos los ejes
B2	Área de especialización	Enfoque técnico	Identificar necesidades por especialidad	A1, A2, A3
B3	Rol en el proyecto	Tipo de responsabilidad	Correlacionar rol con brechas específicas	A3 (Gestión)
B4	Contexto organizacional	Entorno laboral	Analizar necesidades por tamaño de empresa	A1, A3
B5	Modalidad de trabajo	Adaptabilidad digital	Vincular con competencias digitales	Sección C
B6	Ítem de atención filtro	Calidad de datos	Validar respuestas consistentes	Control metodológico

Sección A: Brechas de conocimiento y competencia

Eje A1: marco normativo y regulatorio

Ítem	Constructo Medido	Competencia Específica	Nivel Cognitivo	Vinculación con Sustentabilidad
A1.1	Actualización normativa	Conocimiento de cambios regulatorios	Conocimiento	Base para normativa ambiental
A1.2	Aplicación técnica	Interpretación de normas técnicas	Comprensión	Especificaciones sustentables
A1.3	Cumplimiento documental	Evidencia de conformidad	Aplicación	Certificaciones ambientales

Eje A2: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Ítem	Constructo Medido	Competencia Específica	Nivel Cognitivo	Dimensión de Sustentabilidad
A2.1	Diseño sustentable	Criterios bioclimáticos y eficiencia energética	Aplicación	Ambiental - Energética
A2.2	Evaluación de impacto	Metodologías EIA/EIS	Análisis	Ambiental - Social
A2.3	Materiales y tecnologías	Selección de materiales sustentables	Evaluación	Ambiental - Tecnológica
A2.4	Gestión de recursos	Agua y residuos de construcción	Gestión	Ambiental - Operacional

Eje A3: Gestión de proyectos

Ítem	Constructo Medido	Competencia Específica	Nivel Cognitivo	Relación con Sustentabilidad
A3.1	Planificación y control	Técnicas de programación	Aplicación	Gestión de proyectos sustentables
A3.2	Gestión de cambios	Control de variantes y	Análisis	Adaptabilidad en proyectos verdes

Ítem	Constructo Medido	Competencia Específica	Nivel Cognitivo	Relación con Sustentabilidad
		restricciones		
A3.3	Documentación y coordinación	Registro de decisiones interdisciplinarias	Síntesis	Coordinación multidisciplinar

Sección C: Familiaridad y competencia digital

Ítem	Constructo Medido	Herramienta/Competencia	Nivel de Habilidad	Aplicación en Sustentabilidad
C1	Gestión de proyectos	Software especializado	Avanzado	Seguimiento de indicadores verdes
C2	Análisis de datos	Hojas de cálculo	Intermedio-Avanzado	Análisis de eficiencia energética
C3	Colaboración digital	Plataformas en la nube	Básico-Intermedio	Trabajo colaborativo remoto
C4	Organización de información	Estándares de nomenclatura	Básico	Trazabilidad documental
C5	Análisis visual de datos	Cuadros de mando (BI)	Intermedio-Avanzado	Monitoreo de sostenibilidad
C6	Visualización espacial	Software 3D/GIS	Intermedio	Análisis de impacto territorial
C7	Ítem de atención	Validación de respuestas	Control	Metodológico

Sección D: Preferencias formativas

Ítem	Constructo Medido	Modalidad Formativa	Principio Educativo	Objetivo Pedagógico
D1	Microaprendizaje	Contenidos breves	ML	Retención y aplicación

				inmediata
D2	Retroalimentación	Retroalimentación formativa	Evaluación continua	Mejora iterativa
D3	Accesibilidad	Diseño responsive	Aprendizaje móvil	Flexibilidad temporal
D4	Recursos prácticos	Plantillas checklist y	Aprendizaje basado en recursos	Transferencia directa al trabajo
D5	Aprendizaje social	Comunidades de práctica	Constructivismo social	Construcción colectiva de conocimiento
D6	Evaluación formativa	Evaluaciones breves	Evaluación para el aprendizaje	Verificación de comprensión
D7	Tutoría just-in-time	Soporte personalizado	Andamiaje	Resolución de dudas específicas
D8	Contextualización	Ejemplos locales	Aprendizaje situado	Relevancia y aplicabilidad
D9	Síntesis visual	Resúmenes gráficos	Teoría de carga cognitiva	Facilitar la retención

Cruce de variables para análisis

Segmentación Primaria por Perfil (Sección B)

- Experiencia (B1) vs. Brechas (Sección A): ¿Las necesidades varían por antigüedad?
- Área (B2) vs. Sustentabilidad (A2): ¿Qué especialidades demandan más formación en sustentabilidad?
- Rol (B3) vs. Gestión (A3): ¿Los roles directivos requieren más gestión?
- Empresa (B4) vs. Digital (C): ¿El tamaño de empresa afecta la competencia digital?

Correlaciones Clave

- Digital (C) vs. Preferencias (D): ¿Mayor competencia digital correlaciona con preferencia por formatos innovadores?
- Experiencia (B1) vs. Preferencias (D): ¿Los seniors prefieren modalidades diferentes?
- Brechas (A) vs. Preferencias (D): ¿Las necesidades específicas determinan preferencias formativas?

Validación de contenido

Validez de Constructo

- Eje A2 (Sustentabilidad): Cubre las 4 dimensiones clave: energética, ambiental, social y tecnológica
- Sección C (Digital): Competencias transversales aplicables a cualquier especialidad
- Sección D (Formativa): Principios de diseño educativo basados en evidencia

Fiabilidad Estimada

- Consistencia interna: Se espera $\alpha > 0.7$ en cada subescala
- Ítems de control: B6 y C7 para validar atención
- Completitud: Regla del 70% para asegurar datos utilizables

Aplicaciones para modelo formativo

Módulos Prioritarios Identificables

1. Normativa y Sustentabilidad (A1 + A2.1, A2.4)
2. Materiales y Tecnologías Verdes (A2.2, A2.3)
3. Gestión de Proyectos Sustentables (A3 + A2.4)
4. Herramientas Digitales para Sostenibilidad (C2, C5, C6)

Diseño Instruccional

- Formato: ML + recursos prácticos (D1, D4)
- Soporte: Tutoría ligera + comunidades (D5, D7)
- Evaluación: Breve y formativa (D2, D6)
- Contexto: Ejemplos locales de Cancún (D8)

Este mapeo permite la validación de contenido, garantiza la alineación con objetivos de investigación y facilita el análisis segmentado para el diseño de programas de capacitación específicos y efectivos.

Prueba de conocimiento pre y post. Anexo A4

Instrucciones para el/la participante

Este instrumento se aplica antes (PRE) y después (POST) de los micromódulos de capacitación.

Tiempo estimado: 8 - 10 minutos por eje (30 - 35 minutos total)

Formato: 30 ítems total (10 por eje) 6 de opción múltiple + 4 de Verdadero/Falso por eje

Opción múltiple: Marque una sola respuesta correcta

Verdadero/Falso: Marque V (Verdadero) o F (Falso)

En POST: Se sugiere breve justificación para afinar retroalimentación

Puntuación: 1 punto por ítem correcto (0 10 por eje)

Aprobación en POST: $\geq 8/10$ por eje

Sección B: Perfil y Contexto Profesional

B1. Años de experiencia profesional como ingeniero civil:

() Menos de 2 años () 2 a 5 años () 6 a 10 años () 11 a 15 años () Más de 15 años

B2. Su área principal de ejercicio:

() Diseño Estructural () Gestión de Proyectos y () Vialidad y Transporte
Obra

() Hidráulica e Hidrología () Suelos y Geotecnia () Supervisión y Dirección de Obra

() Otro: _____

B3. Rol o puesto actual más representativo:

() Proyectista / Calculista () Residente de Obra () Director / Gerente de Proyecto

() Supervisor / Inspector () Consultor / Asesor () Docente / Investigador

Otro: _____

B4. Tamaño de la empresa/organización donde labora principalmente:

() Estudio/Despacho () Empresa Mediana (11-50 () Empresa Grande o
Pequeño (1-10 personas) personas) Corporativo (>50 personas)

B5. Tipo de contexto laboral:

() Independiente () Sector Público () Sector Privado

B6. Modalidad de trabajo predominante en sus proyectos:

() 100% Presencial () Mayormente Presencial () Híbrido (Pres./Remoto)
() Mayormente Remoto

B7. Con el propósito de validar las respuestas, por favor seleccione la opción "Algo" en esta pregunta.

() Nada () Poco () Algo () Bastante () Mucho

Eje 1 Normatividad (10 ítems)

(MC) N1. Antes de iniciar una actividad regulada, lo primero es:

- A) Elaborar un informe de cierre.
- B) Verificar requisitos aplicables, definir evidencia y responsable en la matriz de cumplimiento.
- C) Tomar fotografías de arranque.
- D) Enviar un correo al cliente.

(MC) N2. La mejor evidencia para acreditar un requisito externo (p. ej., permiso/licencia) es:

- A) Un plano firmado por el proyectista.
- B) El permiso/registro oficial vigente con folio y vigencia.

- C) Un acta de reunión.
- D) Una fotografía del sitio.

(MC) N3. Para probar que un material cumple especificación, lo adecuado es:

- A) Certificado de calidad/conformidad del proveedor + resultados de ensayo cuando aplique.
- B) Un catálogo comercial del fabricante.
- C) Un correo del proveedor.
- D) Un autodiagnóstico del contratista.

(MC) N4. ¿Qué práctica asegura trazabilidad documental?

- A) Guardar copias en carpetas personales.
- B) Usar nombres libres y fechas en el asunto.
- C) Nomenclatura normalizada y control de versiones en el CDE.
- D) Enviar PDF por mensajería instantánea.

(MC) N5. Para evidenciar una inspección de obra, el registro más sólido es:

- A) Llamada telefónica al supervisor.
- B) Anotación libre en la bitácora.
- C) Un video corto sin referencia.
- D) Lista de verificación firmada y fotos con metadatos y referencia al requisito.

(MC) N6. Si un cambio de alcance afecta un requisito, procede:

- A) Actualizar la matriz de cumplimiento, documentar impacto y evidencias; cursar aprobación.
- B) Continuar y corregir al final.
- C) Omitirlo si no cambia el costo.
- D) Notificar verbalmente al proveedor.

(V/F) N7. Un registro fotográfico sin metadatos ni referencia al requisito es evidencia

suficiente de cumplimiento.

[V] [F]

(V/F) N8. La calibración vigente de equipos de medición forma parte del cumplimiento cuando las pruebas la exigen.

[V] [F]

(V/F) N9. Es aceptable mantener versiones paralelas de un mismo documento normativo en uso, sin control, porque acelera el trabajo.

[V] [F]

(V/F) N10. Criterios ambientales o de seguridad pueden ser requisitos explícitos del contrato; su evidencia debe integrarse al expediente.

[V] [F]

Eje 2 Gestión de proyectos (10 ítems)

(MC) G1. La ruta crítica de un proyecto es:

- A) La ruta con más actividades simultáneas.
- B) La secuencia de actividades cuya duración gobierna el plazo total (holgura total = 0).
- C) El conjunto de actividades más costosas.
- D) La lista de riesgos priorizados.

(MC) G2. Una actividad con holgura total = 3 días se retrasa 2 días. El plazo contractual:

- A) Se reduce 2 días.
- B) Se alarga 2 días.
- C) Se alarga 3 días.
- D) No cambia (permanece dentro de la holgura).

(MC) G3. Para liberar un frente de trabajo con restricciones, el primer paso es:

- A) Reprogramar al final.
- B) Registrar la restricción, asignar responsable y fecha de liberación.
- C) Cambiar de contratista.
- D) Emitir un informe mensual.

(MC) G4. Ante una solicitud de cambio del cliente, la secuencia correcta es:

- A) Ejecutar primero y formalizar después.
- B) Validar en reunión y cerrar por WhatsApp.
- C) Registro → análisis de impacto (plazo/costo/calidad) → aprobación formal → actualización de línea base.
- D) Notificar al final del mes.

(MC) G5. Un acta de coordinación eficaz incluye:

- A) Acuerdos claros, responsables, fechas y documentos vinculados.
- B) Solo lista de asistentes.
- C) Comentarios libres.
- D) Firmas sin acuerdos.

(MC) G6. El indicador que mide la confiabilidad de la planificación semanal (LPS) es:

- A) SPI.
- B) CPI.
- C) Lead time.
- D) Porcentaje de promesas cumplidas (PPC).

(V/F) G7. Un cambio menor no requiere registro si no afecta costo/plazo.

[V] [F]

(V/F) G8. Las restricciones deben gestionarse antes de la planificación detallada semanal.

[V] [F]

(V/F) G9. Toda solicitud de cambio aprobada debe reflejarse en el control de versiones de los documentos.

[V] [F]

(V/F) G10. Las minutas de reunión sustituyen el registro de cambios.

[V] [F]

Eje 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental (10 ítems)

(MC) S1. El concepto de "Infraestructura Verde" en desarrollo ambiental se refiere a:

- A) Solo áreas verdes y parques
- B) Sistemas naturales y seminaturales que proveen servicios ecosistémicos
- C) Techos y muros verdes aislados
- D) Corredores biológicos exclusivos para fauna

(MC) S2. La Huella Hídrica en un proyecto de construcción considera:

- A) Solo el consumo directo de agua potable
- B) El agua utilizada directa e indirectamente en materiales y procesos
- C) Exclusivamente el agua de lluvia captada
- D) El agua consumida durante la operación del edificio

(MC) S3. La Isla de Calor Urbana puede mitigarse mediante:

- A) Incremento de superficies pavimentadas
- B) Uso de materiales con alto albedo y aumento de áreas verdes
- C) Instalación de equipos de aire acondicionado más eficientes
- D) Reducción de la densidad de construcción

(MC) S4. El diseño bioclimático en Cancún debe priorizar:

- A) Calefacción interior por condiciones invernales
- B) Ventilación natural y protección solar por clima cálido húmedo
- C) Aislamiento térmico para condiciones extremas de frío

D) Sistemas de calefacción geotérmica

(MC) S5. La movilidad sustentable en desarrollos urbanos promueve:

- A) Uso exclusivo del automóvil particular
- B) Transporte público, ciclovías y peatonalización
- C) Ampliación de estacionamientos públicos
- D) Reducción de vías primarias

(MC) S6. Los criterios de resiliencia urbana ante cambio climático incluyen:

- A) Solo protección contra inundaciones
- B) Adaptación a múltiples amenazas climáticas y capacidad de recuperación
- C) Exclusivamente eficiencia energética
- D) Reducción de costos de construcción

(V/F) S7. La densidad urbana compacta reduce el consumo de suelo y mejora la eficiencia en servicios.

[V] [F]

(V/F) S8. Los materiales regionales tienen menor impacto ambiental que los importados debido al transporte.

[V] [F]

(V/F) S9. La permeabilidad del suelo en proyectos urbanos no afecta el ciclo hidrológico local.

[V] [F]

(V/F) S10. Los corredores biológicos urbanos contribuyen a la conservación de la biodiversidad en ciudades.

[V] [F]

Claves de Respuesta - Anexo A4

Eje 1: Normatividad

Ítem	Respuesta Correcta	Justificación Breve
N1	B	La matriz de cumplimiento es la herramienta fundamental para gestionar requisitos
N2	B	Los permisos oficiales con folio son la única evidencia válida para requisitos externos
N3	A	Los certificados de calidad + ensayos son evidencia técnica válida
N4	C	La nomenclatura estandarizada y control de versiones asegura trazabilidad
N5	D	Listas de verificación firmadas con metadatos proporcionan evidencia sólida
N6	A	Los cambios que afectan requisitos requieren actualización formal de la matriz
N7	F	Las fotos sin metadatos ni referencia no son evidencia suficiente
N8	V	La calibración vigente es requisito para validez de mediciones
N9	F	Las versiones paralelas sin control comprometen la integridad documental
N10	V	Los criterios ambientales y de seguridad deben evidenciarse cuando son contractuales

Eje 2: Gestión de proyectos

Ítem	Respuesta Correcta	Justificación Breve
G1	B	La ruta crítica determina la duración mínima del proyecto
G2	D	La holgura absorbe retrasos menores sin afectar el plazo total
G3	B	El registro formal es el primer paso para gestionar restricciones
G4	C	La gestión formal de cambios sigue esta secuencia estándar
G5	A	Las actas efectivas documentan acuerdos ejecutables
G6	D	El PPC mide específicamente la confiabilidad de planificación semanal
G7	F	Todos los cambios requieren registro

		independientemente de su impacto
G8	V	La liberación de restricciones precede a la planificación detallada
G9	V	Los cambios aprobados deben reflejarse en la documentación del proyecto
G10	F	Las minutas complementan, pero no sustituyen el registro formal de cambios

Eje 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Ítem	Respuesta Correcta	Justificación Breve
S1	B	La infraestructura verde integra sistemas que proveen servicios ecosistémicos
S2	B	La huella hídrica considera agua directa e indirecta en toda la cadena
S3	B	Materiales de alto albedo y vegetación mitigan isla de calor
S4	B	El clima cálido-húmedo de Cancún requiere ventilación y protección solar
S5	B	La movilidad sustentable prioriza transporte público y medios activos
S6	B	La resiliencia urbana aborda múltiples amenazas climáticas
S7	V	La densidad compacta optimiza uso de suelo y eficiencia de servicios
S8	V	Los materiales regionales reducen emisiones por transporte
S9	F	La permeabilidad del suelo es crucial para el ciclo hidrológico
S10	V	Los corredores biológicos urbanos mantienen la conectividad ecológica

Mapecto de ítems - anexo A4

Eje	Ítem	Constructo Medido	Nivel Cognitivo	Dimensión Evaluada	Vinculación Curricular
EJE 1	N1	Gestión normativa inicial	Aplicación	Cumplimiento	Matriz de requisitos
1	N2	Evidencias de permisos	Evaluación	Documental	Permisos y licencias
1	N3	Control de calidad	Análisis	Calidad	Especificaciones técnicas

Eje	Ítem	Constructo Medido	Nivel Cognitivo	Dimensión Evaluada	Vinculación Curricular
		materiales			
1	N4	Trazabilidad documental	Aplicación	Gestión	Sistemas documentales
1	N5	Evidencias de inspección	Síntesis	Verificación	Control de calidad
1	N6	Gestión de cambios	Evaluación	Adaptabilidad	Control de variantes
1	N7	Validez de evidencias	Comprensión	Documental	Estándares de evidencia
1	N8	Calibración equipos	Conocimiento	Metrología	Control metrológico
1	N9	Control documental	Evaluación	Integridad	Gestión documental
1	N10	Criterios contractuales	Aplicación	Contractual	Requisitos legales
EJE 2	G1	Ruta crítica	Comprensión	Planificación	Programación
2	G2	Holguras y flotantes	Aplicación	Temporal	Análisis de redes
2	G3	Gestión de restricciones	Aplicación	Operacional	Liberación de frentes
2	G4	Control de cambios	Síntesis	Gestión	Procedimientos de cambio
2	G5	Coordinación	Evaluación	Comunicación	Gestión de reuniones
2	G6	Indicadores de planificación	Análisis	Métricas	Seguimiento y control
2	G7	Registro de cambios	Comprensión	Documental	Trazabilidad
2	G8	Planificación semanal	Aplicación	Temporal	LPS - Last Planner
2	G9	Actualización documental	Evaluación	Gestión	Control de versiones
2	G10	Formalización de acuerdos	Análisis	Comunicación	Gestión documental
EJE 3	S1	Infraestructura verde	Conocimiento	Urbano-ambiental	Servicios ecosistémicos
3	S2	Huella hídrica	Comprensión	Hídrica	Métricas ambientales
3	S3	Mitigación climática	Aplicación	Climático	Isla de calor urbana
3	S4	Diseño bioclimático	Análisis	Energético	Adaptación climática

Eje	Ítem	Constructo Medido	Nivel Cognitivo	Dimensión Evaluada	Vinculación Curricular
3	S5	Movilidad sustentable	Evaluación	Transporte	Planificación urbana
3	S6	Resiliencia urbana	Síntesis	Adaptación	Cambio climático
3	S7	Densidad urbana	Análisis	Territorial	Usos de suelo
3	S8	Materiales regionales	Evaluación	Logística	Cadena de suministro
3	S9	Hidrología urbana	Comprensión	Hídrica	Ciclo hidrológico
3	S10	Conectividad ecológica	Aplicación	Biodiversidad	Ecología urbana

Distribución por nivel cognitivo

Nivel Cognitivo	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Total	Porcentaje
Conocimiento	1	1	1	3	10%
Comprensión	2	2	2	6	20%
Aplicación	4	4	2	10	33%
Análisis	1	2	3	6	20%
Evaluación	2	3	2	7	23%
Síntesis	0	1	1	2	7%

Alineación con competencias profesionales

Competencia	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Total
Gestión normativa	10	0	0	10
Planificación y control	0	8	0	8
Sustentabilidad	0	0	10	10
Gestión documental	6	4	0	10
Análisis técnico	2	3	5	10

Notas para la Aplicación

Validez de contenido: Los ítems cubren los constructos declarados en cada eje

Confiabilidad: Se recomienda calcular alpha de Cronbach por eje

Dificultad esperada:

PRE: 40-60% de aciertos

POST: 80-90% de aciertos (objetivo $\geq 80\%$)

Puntos de corte:

0-5: Conocimiento insuficiente

6-7: Conocimiento básico

8-9: Conocimiento adecuado

10: Conocimiento excelente

Este mapeo garantiza la validez de constructo y contenido del instrumento, permitiendo una evaluación confiable del aprendizaje en los tres ejes curriculares.

Microevaluaciones por módulo. Anexo A5

Nombre _____ Fecha _____

Aplicar criterios básicos de reglamentos y normas de construcción vigentes (CFE, RCDF/NTC, NOM-001-SEDE)

Instrucciones: Seleccione la respuesta correcta para cada pregunta.

Sección B: Perfil y Contexto Profesional

B1. Años de experiencia profesional como ingeniero civil:

() Menos de 2 () 2 a 5 años () 6 a 10 años () 11 a 15 años () Más de 15 años

B2. Su área principal de ejercicio:

() Diseño Estructural () Gestión de Proyectos y () Vialidad y Transporte
Obra
() Hidráulica e Hidrología () Suelos y Geotecnia () Supervisión y Dirección
de Obra
() Otro: _____

B3. Rol o puesto actual más representativo:

() Proyectista / Calculista () Residente de Obra () Director / Gerente de Proyecto
() Supervisor / Inspector () Consultor / Asesor () Docente / Investigador
Otro: _____

B4. Tamaño de la empresa/organización donde labora principalmente:

() Estudio/Despacho () Empresa Mediana (11-50 () Empresa Grande o
Pequeño (1-10 personas) personas) Corporativo (>50 personas)

B5. Tipo de contexto laboral:

☐ Independiente ☐ Sector Público ☐ Sector Privado

B6. Modalidad de trabajo predominante en sus proyectos:

☐ 100% Presencial ☐ Mayormente Presencial ☐ Híbrido (Pres./Remoto)
☐ Mayormente Remoto

B7. Con el propósito de validar las respuestas, por favor seleccione la opción "Algo" en esta pregunta.

☐ Nada ☐ Poco ☐ Algo ☐ Bastante ☐ Mucho

Sección A. Módulos

Módulo 1: Normatividad

1. Según la NOM-001-SEDE, la altura mínima para instalaciones eléctricas en zonas húmedas es:

- A) 1.20 m
- B) 1.50 m
- C) 2.20 m
- D) 2.50 m

2. En el RCDF, la carga viva mínima para vivienda es:

- A) 100 kg/m²
- B) 150 kg/m²
- C) 200 kg/m²
- D) 250 kg/m²

3. Las especificaciones CFE para acometidas eléctricas en media tensión exigen:

- A) Cableado subterráneo en ductería

- B) Aisladores tipo poste
- C) Transformadores secos
- D) Interruptores termomagnéticos

4. La NTC para diseño sismo-resistente establece que en zona sísmica D:

- A) No se requieren refuerzos especiales
- B) Solo refuerzos en columnas
- C) Diseño con factores de comportamiento sísmico específicos
- D) Estructuras de mampostería no permitidas

5. El reglamento de construcción establece que los permisos de obra:

- A) Son opcionales para obras menores
- B) Deben exhibirse en obra visiblemente
- C) Solo requieren firma del propietario
- D) Se tramitan al finalizar la obra

Módulo 2: Gestión de proyectos

Usar herramientas de planeación, costos y control (EVM, ruta crítica) para decisiones tácticas

Instrucciones: Seleccione la respuesta correcta para cada pregunta.

1. El Valor Ganado se calcula como:

- A) $\text{Costo real} \times \text{Porcentaje completado}$
- B) $\text{Presupuesto} \times \text{Porcentaje completado}$
- C) $\text{Costo real} / \text{Presupuesto}$
- D) $\text{Presupuesto} - \text{Costo real}$

2. Una actividad en la ruta crítica tiene:

- A) $\text{Holgura total} = 0$
- B) $\text{Holgura total} > 0$

C) Duración indeterminada

D) Costo máximo

3. El SPI (Schedule Performance Index) menor que 1 indica:

A) Proyecto adelantado

B) Proyecto atrasado

C) Costo dentro del presupuesto

D) Calidad deficiente

4. Para tomar una decisión táctica sobre compra de materiales, priorice:

A) El precio más bajo siempre

B) La disponibilidad inmediata

C) El impacto en la ruta crítica

D) La marca del fabricante

5. El análisis What-If en gestión de proyectos sirve para:

A) Evaluar escenarios alternativos

B) Calcular costos finales

C) Diseñar estructuras

D) Elaborar presupuestos

Módulo 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Instrucciones: Seleccione la respuesta correcta para cada pregunta.

1. En el marco del Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de Cancún, el concepto de "desarrollo compacto" se implementa principalmente a través de:

A) La prohibición de uso mixto de suelo.

B) La optimización de densidades habitacionales e incentivos fiscales para la renovación de zonas centrales.

C) La ampliación de la mancha urbana hacia zonas de reserva ecológica.

D) La creación de grandes corredores viales monofuncionales.

2. ¿Qué medida de Infraestructura Verde es la más crítica para la gestión del riesgo de inundación en un desarrollo nuevo en Cancún, considerando la alta permeabilidad del suelo kárstico?

A) Instalación de sistemas de drenaje convencional de rápida evacuación al mar.

B) Implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como zanjas de infiltración y pavimentos permeables.

C) Uso exclusivo de jardines con especies de ornato no endémicas.

D) Relleno masivo del terreno con material de banco para elevar la rasante.

3. Para reducir significativamente la Huella de Carbono de una obra vertical en Cancún, un ingeniero debe priorizar la selección de materiales que:

A) Tengan un alto contenido de cemento Portland tipo I por su durabilidad.

B) Sean importados de zonas con procesos de fabricación altamente automatizados.

C) Maximicen el uso de materiales de bajo carbono embebido, locales o reciclados (cemento, agregados) y optimicen la eficiencia energética en obra.

D) Requieran procesos de transporte complejos por su rareza o especialidad.

4. El diseño bioclimático de una edificación debe satisfacer un coeficiente de Ganancia Térmica Solar (GTS) máximo. ¿Cuál de los siguientes elementos técnicos influye *directamente* en este coeficiente?

A) El Factor Solar (FS) de los vidrios y la relación de apertura (ventana/muro).

B) El tipo de iluminación interior utilizada (LED o fluorescente).

C) El número de pisos de la edificación.

D) El color de los muebles y acabados interiores.

5. Bajo la perspectiva de movilidad sustentable en la planificación urbana de Cancún, la prioridad de inversión en infraestructura debe ser:

A) Ampliación de carriles en avenidas primarias para reducir la congestión vehicular

privada.

- B) Desarrollo de una red de transporte público de alta capacidad interconectada y garantizar la accesibilidad, seguridad y equidad de las vías no motorizadas (peatón y ciclista).
- C) Creación de estacionamientos subterráneos en el centro de la ciudad para atraer vehículos.
- D) Diseño de puentes y pasos a desnivel exclusivos para vehículos de carga.

Claves de respuesta

Módulo 1: Normativa y Seguridad

1. C) 2.20 m (NOM-001-SEDE)
2. B) 150 kg/m² (RCDF)
3. A) Cableado subterráneo en ductería (CFE)
4. C) Diseño con factores de comportamiento sísmico específicos (NTC)
5. B) Deben exhibirse en obra visiblemente (Reglamento construcción)

Módulo 2: Gestión de Proyectos

1. B) Presupuesto $\times$ Porcentaje completado
2. A) Holgura total = 0
3. B) Proyecto atrasado
4. C) El impacto en la ruta crítica
5. A) Evaluar escenarios alternativos

Módulo 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

1. B) La optimización de densidades habitacionales e incentivos fiscales para la renovación de zonas centrales.
2. B) Implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como zanjas de infiltración y pavimentos permeables.
3. C) Maximicen el uso de materiales de bajo carbono embebido, locales o reciclados.
4. A) El Factor Solar (FS) de los vidrios y la relación de apertura (ventana/muro).

5. B) Desarrollo de una red de transporte público de alta capacidad interconectada.

Tabla de mapeo de competencias

Módulo	Ítem	Competencia Específica	Nivel Cognitivo	Aplicación en Contexto Real
M1	1	Aplicar normas de seguridad eléctrica	Aplicación	Instalaciones en zonas húmedas
M1	2	Interpretar cargas estructurales	Comprensión	Diseño de elementos estructurales
M1	3	Conocer especificaciones CFE	Conocimiento	Diseño de acometidas eléctricas
M1	4	Aplicar criterios sismo-resistentes	Aplicación	Diseño estructural en zona sísmica
M1	5	Gestionar permisos de construcción	Aplicación	Tramitación y exhibición de permisos
M2	1	Calcular métricas de valor ganado	Aplicación	Control de avance físico-financiero
M2	2	Identificar ruta crítica	Análisis	Programación y priorización
M2	3	Interpretar indicadores de desempeño	Evaluación	Toma de decisiones correctivas
M2	4	Priorizar decisiones tácticas	Síntesis	Gestión de recursos críticos
M2	5	Evaluar escenarios de proyecto	Análisis	Planificación contingente
M3	1	Aplicar principios de urbanismo sustentable	Comprensión	Planeación urbana
M3	2	Diseñar infraestructura contextual	Aplicación	Adaptación al contexto local
M3	3	Reducir impacto ambiental	Evaluación	Selección de materiales
M3	4	Diseñar bioclimáticamente	Aplicación	Adaptación al clima local
M3	5	Planificar movilidad sustentable	Síntesis	Diseño de sistemas de transporte

Puntuación y Evaluación:

5/5: Competencia demostrada

4/5: Competencia adecuada

3/5: Competencia básica (requiere refuerzo)

≤2/5: Competencia insuficiente (requiere nueva capacitación)

Tiempo estimado por microevaluación: 5-7 minutos

Modalidad recomendada: Al final de cada módulo, con retroalimentación inmediata

Rúbricas de tarea auténtica. Anexo A6

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún (CICC) · Programa de Microlearning

Asignatura/Módulo: _____

Fecha: _____

Evaluable(a): _____

Participante/Equipo: _____

Tarea/Proyecto: _____

Duración: _____

Lugar/Obra: _____

Observaciones: _____

Criterios de evaluación

Instrucciones: Califique cada criterio con un nivel del 1 al 4. Multiplique el nivel por ponderación/4. Sume los puntajes para obtener el total.

Umbral sugerido de dominio: $\geq 80\%$

Criterio 1. Normatividad (RCDF/NTC, NOM y lineamientos técnicos)

Ponderación: 35%

Nivel	Descriptor del desempeño (estándares profesionales observables)
4 – Excelente	Aplica normatividad vigente con precisión; integra referencias cruzadas (RCDF/NTC, NOM específicas); justifica cada decisión normativa; documenta evidencia verificable (capturas, trazabilidad, bitácora técnica); propone ajustes que incrementan la conformidad y seguridad.
3 – Logrado	Selecciona e interpreta correctamente las normas esenciales; cumple requisitos clave; presenta bitácora o registro normativo estructurado; identifica riesgos normativos y propone al menos un ajuste compatible.
2 – Básico	Aplica normas de forma parcial o sin justificación; identifica requisitos, pero la evidencia es incompleta o poco clara; se observan omisiones menores en seguridad o documentación.
1 – Insuficiente	Aplicación incorrecta o ausente de normas; interpretación errónea; evidencias inconsistentes o inexistentes; omisiones que comprometen la seguridad o el cumplimiento básico.

Criterio 2. Gestión de Proyectos (EVM, Ruta Crítica, Control y Coordinación)

Ponderación: 35%

Nivel	Descriptor del desempeño
4 – Excelente	Calcula CPI/SPI sin errores; determina la ruta crítica y cuellos de botella; propone acciones tácticas y preventivas viables, basadas en datos EVM; entrega reporte actualizado con control de versiones; evidencia coordinación efectiva (minutas, ajustes, decisiones registradas).
3 – Logrado	Cálculos EVM mayormente correctos; identifica ruta crítica; propone acciones razonables; documenta seguimiento con evidencia visual; mantiene orden en el CDE con nomenclatura adecuada.
2 – Básico	Errores menores en CPI/SPI o interpretación; acciones poco específicas; documentación parcial; evidencia limitada sobre coordinación o seguimiento.
1 – Insuficiente	Cálculos erróneos o ausentes; no identifica ruta crítica; no propone acciones; sin evidencia de coordinación; archivos desorganizados o sin control de versiones.

Criterio 3. Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental (ACV, EPD, parámetros de bajo carbono)

Ponderación: 30%

Nivel	Descriptor del desempeño
4 – Excelente	Realiza comparación cuantitativa de alternativas mediante ACV/EPD; identifica impactos ambientales clave; justifica la decisión con indicadores (kg CO ₂ e, energía incorporada, residuos); propone estrategias de mitigación asociadas a la obra real.
3 – Logrado	Compara opciones con base en datos relevantes; identifica impactos principales; justifica adecuadamente la selección; evidencia fuentes y supuestos de forma transparente.
2 – Básico	Comparación superficial o incompleta; justificación limitada; ausencia de indicadores cuantitativos; interpretación ambiental poco profunda.
1 – Insuficiente	No utiliza ACV/EPD; no compara alternativas; decisión infundada; sin evidencia ambiental.

2. Cálculo del Puntaje

Criterio	Ponderación (%)	Nivel asignado	Puntaje (Nivel × % / 4)
Normatividad	35		
Gestión de Proyectos	35		
Sustentabilidad y Desarrollo	30		

Ambiental			
Total ponderado (%)	100		_____

Resultado: ☐ Aprobado ☐ No aprobado

Umbral sugerido de dominio: $\geq 80\%$

3. Interpretación de resultados (Transferencia profesional)

- 9–12 puntos → *Transferencia suficiente*: evidencia sólida de aplicación profesional y criterios observables.
- 6–8 puntos → *Transferencia parcial*: desempeño adecuado, pero requiere fortalecimiento en análisis, documentación o toma de decisiones.
- ≤ 5 puntos → *Requiere apoyo adicional*: desempeño insuficiente para tareas autónomas; necesita tutoría o supervisión directa.

Nota metodológica de confiabilidad:

Para garantizar la fiabilidad de la evaluación, el 20% de las tareas fueron calificadas por dos evaluadores independientes. Se estableció como criterio alcanzar $\kappa \geq 0.70$ (acuerdo sustancial) según estándares propuestos por McHugh (2018).

4. Checklist de evidencias (editar según tarea)

- ☐ Reporte técnico (3–5 páginas)
- ☐ Anexo de cálculos (CPI/SPI, ACV, rutas críticas)
- ☐ Evidencia normativa (capturas, bitácoras, referencias cruzadas)
- ☐ Evidencia de coordinación (minutas, checklist, control de versiones)
- ☐ Modelos, planos o representaciones visuales
- ☐ Presentación oral o pitch técnico
- ☐ Capturas de pantalla del CDE (nomenclatura correcta)
- ☐ Checklists firmados por supervisor o equivalente

5. Observaciones del evaluador

6. Firmas

Nombre y firma del evaluador(a): _____

Nombre y firma del participante/equipo: _____

Listas de verificación *In Situ* por módulo. Anexo A7

Módulo 1: Lista de verificación de Normatividad.

Proyecto: _____ Fecha: _____

Auditor: _____ Área: _____

A. Documentación normativa

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

1. Permiso de construcción vigente y visible ☐ Sí ☐ No
2. Matriz de cumplimiento normativo actualizada ☐ Sí ☐ No
3. Licencias y autorizaciones ambientales disponibles ☐ Sí ☐ No
4. Planos aprobados por autoridades competentes ☐ Sí ☐ No
5. Manuales de procedimientos de seguridad en obra ☐ Sí ☐ No

B. Instalaciones eléctricas (nom-001-sede)

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

6. Acometida eléctrica con protección diferencial ☐ Sí ☐ No
7. Altura de contactos en zonas húmedas ≥ 1.50 m ☐ Sí ☐ No
8. Toma de tierra visible y verificable ☐ Sí ☐ No
9. Canalizaciones eléctricas protegidas ☐ Sí ☐ No
10. Tableros con señalización y protección ☐ Sí ☐ No

C. Estructuras (conforme al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) y sus Normas Técnicas Complementarias (NTC)

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

11. Refuerzos estructurales según planos aprobados ☐ Sí ☐ No
12. Anclajes y conexiones estructurales verificadas ☐ Sí ☐ No
13. Materiales estructurales con certificación ☐ Sí ☐ No
14. Control de calidad de concreto (resistencia) ☐ Sí ☐ No

15. Elementos sismo-resistentes según NTC ☐ Sí ☐ No

D. Seguridad en obra

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

16. Señalización de seguridad visible y completa ☐ Sí ☐ No

17. Equipo de protección personal en uso ☐ Sí ☐ No

18. Protecciones perimetrales y contra caídas ☐ Sí ☐ No

19. Extintores cargados y accesibles ☐ Sí ☐ No

20. Botiquín de primeros auxilios completo ☐ Sí ☐ No

Resultado: _____ / 20 ítems conformes

Acciones Correctivas: _____

Módulo 2: Lista de verificación de Gestión de proyectos

Proyecto: _____ Semana: _____

Supervisor: _____ Fecha: _____

A. Planeación y programación

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

1. Programa maestro actualizado y visible ☐ Sí ☐ No

2. Ruta crítica identificada y monitoreada ☐ Sí ☐ No

3. Planificación semanal (LPS) ejecutada ☐ Sí ☐ No

4. Recursos asignados según programa ☐ Sí ☐ No

5. Restricciones identificadas y gestionadas ☐ Sí ☐ No

B. Control de costos (Gestión de valor ganado)

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

6. Presupuesto base actualizado ☐ Sí ☐ No

7. Valor ganado calculado semanalmente ☐ Sí ☐ No

8. SPI y CPI dentro de rangos aceptables (>0.95) ☐ Sí ☐ No

9. Análisis de variaciones realizado ☐ Sí ☐ No

10. Pronósticos de costo al término actualizados ☐ Sí ☐ No

C. Gestión de cambios

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

- 11. Solicitudes de cambio documentadas ☐ Sí ☐ No
- 12. Análisis de impacto (costo/tiempo) realizado ☐ Sí ☐ No
- 13. Aprobaciones formales de cambios obtenidas ☐ Sí ☐ No
- 14. Línea base actualizada después de cambios ☐ Sí ☐ No
- 15. Comunicación de cambios a todos los involucrados ☐ Sí ☐ No

D. Control de calidad y avance

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

- 16. Avance físico medido y registrado ☐ Sí ☐ No
- 17. Inspecciones de calidad programadas y ejecutadas ☐ Sí ☐ No
- 18. No conformidades identificadas y tratadas ☐ Sí ☐ No
- 19. Informes de avance semanal emitidos ☐ Sí ☐ No
- 20. Reuniones de coordinación efectivas ☐ Sí ☐ No

Resultado: _____ / 20 ítems conformes

Decisiones Tácticas: _____

Módulo 3: Lista de verificación de Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Proyecto: _____ Fecha: _____

Auditor: _____ Área: _____

A. Gestión ambiental en obra

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

- 1. Plan de manejo ambiental implementado ☐ Sí ☐ No
- 2. Control de emisiones de polvo activo ☐ Sí ☐ No
- 3. Gestión de ruidos y vibraciones ☐ Sí ☐ No

4. Protección de flora y fauna existente ☐ Sí ☐ No
5. Monitoreo de calidad de agua y suelo ☐ Sí ☐ No

B. Manejo sustentable de recursos

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

6. Separación y gestión de residuos en obra ☐ Sí ☐ No
7. Uso eficiente de agua (sistemas de reúso) ☐ Sí ☐ No
8. Consumo energético medido y optimizado ☐ Sí ☐ No
9. Materiales regionales (>80 km) preferidos ☐ Sí ☐ No
10. Materiales reciclados o reutilizados ☐ Sí ☐ No

C. Diseño bioclimático y eficiencia

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

11. Orientación optimizada para ventilación natural ☐ Sí ☐ No
12. Protecciones solares adecuadas al clima ☐ Sí ☐ No
13. Aislamiento térmico en muros y cubiertas ☐ Sí ☐ No
14. Sistemas de ventilación cruzada implementados ☐ Sí ☐ No
15. Espacios verdes integrados en diseño ☐ Sí ☐ No

D. Infraestructura sustentable

Ítem de Verificación. Cumple. Observaciones.

16. Sistemas de captación pluvial instalados ☐ Sí ☐ No
17. Permeabilidad de suelo $\geq 30\%$ del terreno ☐ Sí ☐ No
18. Infraestructura verde implementada ☐ Sí ☐ No
19. Espacios para movilidad no motorizada ☐ Sí ☐ No
20. Conectividad con servicios y transporte público ☐ Sí ☐ No

Resultado: _____ / 20 ítems conformes

Recomendaciones de Mejora: _____

Instrucciones de uso general

Frecuencia de Aplicación:

- Lista de verificación M1: Semanal o al inicio de cada fase constructiva
- Lista de verificación M2: Diaria/Semanal según criticidad del proyecto
- Lista de verificación M3: Mensual o según hitos ambientales significativos

Escala de Evaluación:

- 18-20 ítems Sí: Desempeño Excelente
- 15-17 ítems Sí: Desempeño Satisfactorio (acciones menores)
- 12-14 ítems Sí: Desempeño Regular (plan de mejora requerido)
- ≤11 ítems Sí: Desempeño Inaceptable (paralizar actividades)

Proceso de Verificación:

1. Preparación: Revisar documentación previa
2. Inspección: Verificar físicamente cada ítem
3. Registro: Documentar observaciones específicas
4. Seguimiento: Establecer acciones correctivas con responsables
5. Verificación: Confirmar implementación de correcciones

Acciones Resultantes:

- ítems No Conformes: Generar orden de trabajo correctiva
- Tendencias Negativas: Implementar acciones preventivas
- Hallazgos Graves: Reportar a dirección del proyecto
- Mejores Prácticas: Documentar y replicar en otros proyectos

Estas listas de verificación permiten la verificación sistemática in situ del cumplimiento de los criterios aprendidos en cada módulo, facilitando la transferencia del conocimiento a la práctica profesional real.

Cuestionario de evaluación del programa de ML. Anexo A8

Lugar y fecha: _____

Investigación realizada por: José Pérez Naranjo

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Estimado/a participante:

Se agradece su tiempo y disposición para responder esta encuesta, la cual forma parte de un estudio sobre la incorporación del ML en la actualización profesional de los IC. Su participación es completamente voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin ninguna consecuencia.

Confidencialidad y Protección de Datos:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y anónima, conforme a las normativas de privacidad y ética en investigación vigentes. Los datos serán utilizados exclusivamente con fines científicos y académicos, sin posibilidad de identificación de los encuestados en los resultados finales.

Instrucciones:

- Responda cada afirmación con atención y marque con una 'X' la opción que mejor represente su opinión.
- No hay respuestas correctas o incorrectas; buscamos conocer su experiencia.
- Tiempo estimado: 10 minutos.
- Contacto: joperezna@gmail.com

Escala de respuesta:

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo

e. Totalmente de acuerdo

Información general

Sección B: Perfil y Contexto Profesional

B1. Años de experiencia profesional como ingeniero civil:

☐ Menos de 2 ☐ 2 a 5 años ☐ 6 a 10 años ☐ 11 a 15 años ☐ Más de 15
años años

B2. Su área principal de ejercicio:

☐ Diseño Estructural ☐ Gestión de Proyectos y ☐ Vialidad y Transporte
Obra
☐ Hidráulica e Hidrología ☐ Suelos y Geotecnia ☐ Supervisión y Dirección
de Obra
☐ Otro: _____

B3. Rol o puesto actual más representativo:

☐ Proyectista / Calculista ☐ Residente de Obra ☐ Director / Gerente de
Proyecto
☐ Supervisor / Inspector ☐ Consultor / Asesor ☐ Docente / Investigador
Otro: _____

B4. Tamaño de la empresa/organización donde labora principalmente:

☐ Estudio/Despacho ☐ Empresa Mediana (11-50 ☐ Empresa Grande o
Pequeño (1-10 personas) personas) Corporativo (>50 personas)

B5. Tipo de contexto laboral:

☐ Independiente ☐ Sector Público ☐ Sector Privado

B6. Modalidad de trabajo predominante en sus proyectos:

- () 100% Presencial () Mayormente Presencial () Híbrido (Pres./Remoto)
 () Mayormente Remoto

B7. Con el propósito de validar las respuestas, por favor seleccione la opción "Algo" en esta pregunta.

- () Nada () Poco () Algo () Bastante () Mucho

Edad: _____ años. Género: _____ Grado académico: _____

Años de experiencia profesional: _____ años

Nivel de familiaridad tecnológica (marque con una X):

☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto

Satisfacción general

1. Estoy satisfecho(a) con el programa de actualización profesional basado en ML.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

2. Recomendaría este programa a otros IC.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

Claridad y relevancia de los contenidos

3. Los contenidos fueron claros y fáciles de entender.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo

- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

4. Los temas abordados fueron relevantes y actualizados para la ingeniería civil.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

Aplicabilidad y desarrollo profesional

5. Pude aplicar lo aprendido en mi trabajo profesional.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

6. Este programa contribuyó a mi desarrollo profesional.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

Flexibilidad y facilidad de uso

7. La modalidad de ML se adaptó bien a mi ritmo de trabajo.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo

- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

8. La plataforma de aprendizaje fue fácil de usar.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

9. Calidad de materiales

Los materiales didácticos (videos, presentaciones, etc.) fueron de buena calidad.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

10. Los recursos complementarios (artículos, casos, etc.) fueron útiles para el aprendizaje.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

Interacción con participantes

11. Tuve oportunidades para interactuar y compartir experiencias con otros participantes.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo

- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

12. La interacción con colegas enriqueció mi proceso de aprendizaje.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

Soporte técnico

13. Recibí el soporte técnico necesario durante el programa.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

14. Los problemas técnicos fueron resueltos de manera oportuna y eficiente.

- a. Totalmente en desacuerdo
- b. En desacuerdo
- c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d. De acuerdo
- e. Totalmente de acuerdo

15. Por último, indique su calificación general sobre los módulos de ML utilizados, en una escala del 1 al 10:

1 = Muy insatisfecho / Nada útil; 10 = Muy satisfecho / Extremadamente útil

Calificación: _____

16. Comentarios (opcional). _____

Guía de entrevista sobre la experiencia con ML. Anexo A9

Lugar y fecha: _____

Investigación realizada por: José Pérez Naranjo

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Estimado/a participante:

Se agradece su tiempo y disposición para responder esta encuesta, la cual forma parte de un estudio sobre la incorporación de ML en la actualización profesional de los IC. Su participación es completamente voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin ninguna consecuencia.

Confidencialidad y Protección de Datos: Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y anónima, conforme a las normativas de privacidad y ética en investigación vigentes. Los datos serán utilizados exclusivamente con fines científicos y académicos, sin posibilidad de identificación de los encuestados en los resultados finales.

Instrucciones:

- Responda cada pregunta con atención y de manera honesta.
- No hay respuestas correctas o incorrectas; buscamos conocer su opinión y experiencia.
- El tiempo estimado para completar la encuesta es de 15 minutos.
- Si tiene alguna duda, puede comunicarse a: joperezna@gmail.com.

Al continuar con esta encuesta, usted confirma que ha leído y comprendido la información anterior y acepta participar en este estudio.

Sección B: Perfil y Contexto Profesional

B1. Años de experiencia profesional como ingeniero civil:

() Menos de 2 () 2 a 5 años () 6 a 10 años () 11 a 15 años () Más de 15 años

B2. Su área principal de ejercicio:

- ☐ Diseño Estructural ☐ Gestión de Proyectos y Obra ☐ Vialidad y Transporte
☐ Hidráulica e Hidrología ☐ Suelos y Geotecnia ☐ Supervisión y Dirección de Obra
☐ Otro: _____

B3. Rol o puesto actual más representativo:

- ☐ Proyectista / Calculista ☐ Residente de Obra ☐ Director / Gerente de Proyecto
☐ Supervisor / Inspector ☐ Consultor / Asesor ☐ Docente / Investigador
 Otro: _____

B4. Tamaño de la empresa/organización donde labora principalmente:

- ☐ Estudio/Despacho ☐ Empresa Mediana (11-50 personas) ☐ Empresa Grande o Corporativo (>50 personas)

B5. Tipo de contexto laboral:

- ☐ Independiente ☐ Sector Público ☐ Sector Privado

B6. Modalidad de trabajo predominante en sus proyectos:

- ☐ 100% Presencial ☐ Mayormente Presencial ☐ Híbrido (Pres./Remoto)
☐ Mayormente Remoto

B7. Con el propósito de validar las respuestas, por favor seleccione la opción "Algo" en esta pregunta.

- ☐ Nada ☐ Poco ☐ Algo ☐ Bastante ☐ Mucho

Información general

Edad: _____ años. Género: _____ Grado académico: _____

Años de experiencia profesional: _____ años

Nivel de familiaridad tecnológica (marque con una X):

☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto

SECCIÓN 1. SATISFACCIÓN GENERAL Y EXPERIENCIA DE USUARIO

¿Cómo calificaría su experiencia general con los módulos de ML ofrecidos por el Colegio?

¿Podría explicar los motivos de su calificación?

¿Qué aspectos de los módulos le han parecido más útiles y por qué?

¿Qué aspectos le han resultado menos útiles o relevantes?

¿Cómo fue su experiencia al utilizar la plataforma de aprendizaje? ¿Tuvo dificultades técnicas o de navegación?

SECCIÓN 2. IMPACTO EN EL DESEMPEÑO Y APLICACIÓN PROFESIONAL

¿Ha notado mejoras en su desempeño profesional a partir del uso de los módulos de ML?

¿En qué áreas específicas?

¿Ha aplicado los conocimientos adquiridos en proyectos concretos? ¿Podría compartir un ejemplo?

¿Qué herramientas tecnológicas aprendidas ha podido incorporar a su trabajo? ¿Encontró dificultades al hacerlo?

¿Considera que el ML ha fortalecido su actitud hacia la actualización continua? ¿Por qué?

SECCIÓN 3. CALIDAD Y RELEVANCIA DEL CONTENIDO

¿Los contenidos de los módulos le parecieron actualizados y relevantes para su práctica profesional?

¿Qué temas considera que deberían abordarse con mayor profundidad?

¿El formato (duración, estructura, tipo de recurso) se ajusta a sus necesidades y estilo de aprendizaje?

¿Qué tipo de microaprendizajes le resultaron más útiles: videos cortos, ejercicios,

infografías, simulaciones, etc.? ¿Por qué?

SECCIÓN 4. INTERACCIÓN, FLEXIBILIDAD Y MOTIVACIÓN

¿Tuvo oportunidad de interactuar con otros ingenieros durante el proceso de aprendizaje?

¿Hubiera preferido más espacios de intercambio?

¿Qué tan importante considera la posibilidad de aprender a su propio ritmo?

¿Considera que esta modalidad fomenta un sentido de comunidad o trabajo colaborativo?

¿El ML lo motivó a seguir aprendiendo por cuenta propia? ¿En qué medida?

SECCIÓN 5. PROPUESTAS DE MEJORA Y CALIFICACIÓN GLOBAL

¿Qué sugerencias haría para mejorar los módulos de ML (contenido, formato, frecuencia, plataforma, etc.)?

¿Qué otros recursos o tipos de contenido le gustaría que se incorporaran en futuras versiones?

¿Qué factores cree que podrían aumentar la participación de más ingenieros en estos programas?

Por último, indique su calificación general sobre los módulos de ML utilizados, en una escala del 1 al 10:

1 = Muy insatisfecho / Nada útil; 10 = Muy satisfecho / Extremadamente útil

Calificación: _____

Guía de clínica de casos. Anexo A10

1. Introducción y Marco Conceptual

1.1 Propósito de la Guía

Esta guía establece el marco operativo para la implementación de una Comunidad de Práctica (CoP) dirigida a profesionales de la construcción en Cancún, enfocada en el análisis de casos clínicos reales que integren los ejes técnicos prioritarios para el desarrollo ambiental sostenible de la región.

1.2 Objetivos de la CoP

Crear un espacio colaborativo para el análisis interdisciplinario de casos reales

Fortalecer las capacidades técnicas en la aplicación normativa local y federal

Desarrollar mejores prácticas adaptadas al contexto específico de Cancún

Generar soluciones innovadoras a problemas recurrentes en proyectos de construcción.

2. Estructura y Metodología de la CoP

2.1 Composición del Grupo

Participantes clave:

IC y estructurales

Ingenieros urbanistas

Especialistas en geotecnia

Consultores ambientales

Juristas especializados en construcción

2.2 Frecuencia y Modalidades

Sesiones mensuales: Presenciales o virtuales

Duración: 60 minutos por sesión

Foro virtual continuo: Plataforma digital para discusión entre sesiones

Visitas técnicas trimestrales: A proyectos emblemáticos o problemáticos

3. Ejes Técnicos de Trabajo

Eje 1: Normatividad Aplicada

Enfoque: Reglamento de Construcción de Cancún y Normas Oficiales Mexicanas relevantes

Casos tipo a analizar:

Interpretación de coeficientes sísmicos para estructuras en zona costera

Cumplimiento de NOM-001-SEMARNAT-1996 en descargas de aguas residuales

Aplicación de alturas máximas y usos de suelo en zona hotelera

Procedimientos para modificaciones al reglamento municipal

Metodología:

Análisis comparativo entre disposiciones federales y municipales

Talleres de interpretación normativa con autoridades locales

Desarrollo de checklists de cumplimiento específicos para Cancún

Eje 2: Gestión de Proyectos y Contratos

Enfoque: Mejores prácticas en administración de proyectos constructivos

Casos tipo a analizar:

Estrategias para mitigación de sobre costos por condiciones geotécnicas inesperadas

Manejo de variantes durante construcción en suelos kársticos

Contratación de especialistas para estudios previos obligatorios

Gestión de reclamos y controversias contractuales

Herramientas por desarrollar:

Modelos de contratos adaptados a condiciones locales

Formatos estandarizados de bitácoras de obra

Protocolos para documentación de cambios y variantes

Eje 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Enfoque: Integración de criterios de sostenibilidad en el desarrollo urbano

Casos tipo a analizar:

Estrategias de densificación controlada en áreas consolidadas

Protección de mantos freáticos en desarrollos de mediana y alta densidad

Integración de infraestructura verde en proyectos turísticos

Mitigación de islas de calor urbano en desarrollos comerciales

Productos esperados:

Guía de criterios sustentables para desarrolladores

Catálogo de especies nativas para paisajismo sostenible

Protocolo de evaluación de impacto urbano-ambiental

4. Metodología para Análisis de Casos

4.1 Estructura de Presentación de Casos

Cada caso debe incluir:

Contexto: Descripción general del proyecto y participantes

Problema específico: Situación técnica o administrativa a resolver

Información disponible: Estudios, planos, contratos relevantes

Alternativas consideradas: Soluciones evaluadas

Resultado obtenido: Desenlace real del caso

Lecciones aprendidas: Reflexiones y recomendaciones

4.2 Dinámica de Sesiones

Presentación del caso (15 min): Exposición por parte del proponente

Ronda de aclaraciones (15 min): Preguntas factuales

Análisis en grupos pequeños (15 min): Discusión por ejes técnicos
 Plenaria y conclusiones (15 min): Socialización de hallazgos
 Documentación (30 min): Registro de acuerdos y recomendaciones

5. Gobernanza y Seguimiento

5.1 Roles y Responsabilidades

Coordinador general: Convoca, modera y da seguimiento
 Líderes por eje técnico: Preparan casos y materiales específicos
 Relator: Documenta acuerdos y conclusiones

5.2 Sistema de Evaluación

Indicadores de participación: Asistencia y contribución activa
 Encuestas de satisfacción: Por sesión y anual
 Impacto medible: Implementación de recomendaciones en proyectos reales
 Reporte anual: Síntesis de casos analizados y lecciones aprendidas

6. Recursos y Plataformas

6.1 Repositorio Digital

Base de datos de casos analizados (anonimizados)
 Biblioteca normativa actualizada
 Plantillas y formatos desarrollados
 Grabaciones de sesiones (cuando aplique)

6.2 Alianzas Estratégicas

Colegio de Ingenieros Civiles de Quintana Roo
 Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios
 Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio
 Universidades locales con programas de ingeniería y arquitectura

7. Cronograma de Implementación

Fase 1 (Mes 1-2): Conformación del grupo y definición de reglas de operación

Fase 2 (Mes 3-6): Análisis de casos prioritarios por eje técnico

Fase 3 (Mes 7-12): Consolidación de metodologías y generación de productos

Fase 4 (Mes 13+): Escalamiento y réplica de modelo a otras regiones

Esta guía es un documento vivo que se actualizará periódicamente con base en las experiencias y aprendizajes generados en las sesiones de la Comunidad de Práctica.

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún (CICC) · Programa de ML

Rúbricas de tarea auténtica por módulo

Módulo 1: Normativa y seguridad

Tarea Auténtica: Elaborar una Matriz de Cumplimiento Normativo para un proyecto de vivienda de interés social en Cancún.

Criterio	Excelente (4 pts.)	Satisfactorio (3 pts.)	En Desarrollo (2 pts.)	No Satisfactorio (1 pt.)
Identificación de Normativas	Identifica todas las normativas aplicables (RCDF, NOM-001, CFE, NTC) de manera completa y contextualizada	Identifica las normativas principales con algunas omisiones menores	Identifica solo normativas básicas con omisiones significativas	No identifica las normativas clave aplicables
Matriz de Cumplimiento	Matriz completa con requisitos, evidencia requerida, responsable y plazo para cada normativa	Matriz con estructura adecuada, pero falta detalle en algunos elementos	Matriz incompleta o con estructura confusa	No elabora matriz o esta carece de estructura
Aplicación al Contexto	Adapta perfectamente los requisitos al contexto específico de Cancún y vivienda social	Adapta los requisitos al contexto con algunas generalidades	Aplicación genérica sin adaptación contextual	No considera el contexto específico
Evidencias de Cumplimiento	Especifica evidencias concretas, verificables y realistas para cada requisito	Especifica evidencias, pero algunas son genéricas o poco prácticas	Evidencias poco claras o difíciles de verificar	No especifica evidencias o son irrelevantes
Integración y Presentación	Presentación profesional, organizada y de fácil consulta para todos los	Presentación clara, pero con algunos aspectos mejorables en	Presentación desorganizada que dificulta su uso	Presentación incoherente o incompleta

	actores del proyecto	organización		
--	----------------------	--------------	--	--

Módulo 2: Gestión de proyectos

Tarea Auténtica: Desarrollar un Dashboard de Control para un proyecto de infraestructura menor con análisis EVM y ruta crítica.

Criterio	Excelente (4 pts.)	Satisfactorio (3 pts.)	En Desarrollo (2 pts.)	No Satisfactorio (1 pt)
Estructura del WBS	WBS completo, desglosado apropiadamente y alineado con el alcance del proyecto	WBS adecuado, pero con algunos niveles de detalle inconsistentes	WBS incompleto o con desglose insuficiente	WBS ausente o no representa el alcance
Análisis de Ruta Crítica	Identifica correctamente la ruta crítica, holguras y propone acciones de optimización	Identifica la ruta crítica pero el análisis de holguras es limitado	Identificación básica de ruta crítica sin análisis profundo	No identifica la ruta crítica o lo hace incorrectamente
Cálculo EVM	Calcula correctamente SPI, CPI, EAC y propone acciones correctivas basadas en datos	Calcula métricas EVM, pero el análisis de tendencias es limitado	Cálculos con errores o interpretación incorrecta de resultados	No calcula métricas EVM o cálculos son incorrectos
Dashboard de Control	Dashboard intuitivo, visualmente efectivo y con información para toma de decisiones	Dashboard funcional, pero con oportunidades de mejora en presentación	Dashboard básico que no facilita la interpretación rápida	Dashboard confuso o incompleto
Recomendaciones Tácticas	Recomendaciones específicas, accionables y basadas en el análisis de datos	Recomendaciones generales pero aplicables al contexto del proyecto	Recomendaciones vagas o no basadas en el análisis	No incluye recomendaciones o son irrelevantes

Módulo 3: Sustentabilidad y desarrollo ambiental

Tarea Auténtica: Elaborar un Plan de Sustentabilidad para un desarrollo ambiental en Cancún considerando criterios ambientales y sociales.

Criterio	Excelente (4 pts.)	Satisfactorio (3 pts.)	En Desarrollo (2 pts.)	No Satisfactorio (1 pt.)
Análisis de Contexto	Análisis completo del contexto ambiental, social y urbano de Cancún con datos relevantes	Análisis adecuado, pero con profundidad limitada en algunos aspectos	Análisis superficial sin considerar variables clave	Análisis ausente o irrelevante
Criterios de Sustentabilidad	Integra criterios ambientales, sociales y económicos de manera balanceada y sinérgica	Considera criterios múltiples, pero con integración limitada	Enfoque en uno o dos criterios descuidando otros aspectos	No considera criterios de sustentabilidad integrales
Estrategias de Mitigación	Propone estrategias innovadoras, factibles y adaptadas al contexto de Cancún	Estrategias adecuadas, pero con oportunidades de mejora en implementación	Estrategias genéricas o de aplicabilidad limitada	Estrategias irreales o no aplicables
Indicadores de Seguimiento	Define indicadores SMART específicos para medir desempeño ambiental y social	Indicadores adecuados, pero algunos no son medibles o específicos	Indicadores vagos o difíciles de medir	No define indicadores o son irrelevantes
Integración Comunitaria	Propone mecanismos concretos de participación comunitaria y beneficios	Considera aspectos sociales, pero con mecanismos limitados	Mención superficial de aspectos sociales sin desarrollo	No considera la dimensión social del desarrollo

	sociales			
--	----------	--	--	--

Instrucciones generales de aplicación

Escala de Evaluación Final por Módulo:

18-20 puntos: Competencia demostrada excelentemente

15-17 puntos: Competencia satisfactoria

12-14 puntos: Competencia en desarrollo (requiere mejora)

≤11 puntos: Competencia no satisfactoria (requiere nueva entrega)

Criterios Comunes de Calidad:

Originalidad: Soluciones propias adaptadas al contexto

Profesionalismo: Presentación clara y organizada

Aplicabilidad: Propuestas realistas y ejecutables

Integración: Conexión coherente entre conceptos del módulo

Retroalimentación Sugerida:

Fortalezas: Aspectos mejor logrados en la tarea

Áreas de mejora: Elementos que requieren refinamiento

Acciones específicas: Recomendaciones concretas para mejorar

Transferencia: Cómo aplicar lo aprendido en contextos reales

Nota para instructores: Estas rúbricas permiten evaluar la capacidad de aplicación en contextos reales, que es el objetivo fundamental de la capacitación por competencias.

Guía de entrevista para el profesor de ML. Anexo A11

Lugar y fecha: _____

Investigación realizada por: José Pérez Naranjo

Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C.

Estimado participante:

Se agradece su tiempo y disposición para responder estas preguntas, las cuales forman parte de un estudio sobre la incorporación del ML en el aprendizaje para la actualización profesional de los IC. Su participación es completamente voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin ninguna consecuencia.

Confidencialidad y Protección de Datos: Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y anónima, conforme a las normativas de privacidad y ética en investigación vigentes. Los datos serán utilizados exclusivamente con fines científicos y académicos, sin posibilidad de identificación de los encuestados en los resultados finales.

Objetivo:

Evaluar la efectividad y el impacto del ML en el proceso de enseñanza-aprendizaje de IC.

La siguiente guía de entrevista semiestructurada tiene como objetivo profundizar en los hallazgos obtenidos en la investigación sobre la implementación de ML en IC. Se busca conocer de manera más detallada la eficiencia y el impacto del ML en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Información general

Edad: _____ años. Género: _____ Grado académico: _____

Años de experiencia profesional: _____ años

Nivel de familiaridad tecnológica (marque con una X):

☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto

1. Percepción general: ¿Cuál es su valoración general sobre la integración del ML en el curso? ¿Considera que ha cumplido con las expectativas iniciales?
2. Efectividad del aprendizaje: ¿Cree que el ML ha sido una herramienta eficaz para que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades del curso? ¿Por qué?
3. Motivación y compromiso: ¿Cómo ha percibido la motivación y el nivel de participación de los estudiantes con el ML? ¿Ha habido alguna diferencia significativa en comparación con métodos tradicionales?
4. Adaptabilidad y flexibilidad: ¿Cómo ha evaluado la adaptabilidad del ML a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes? ¿Ha identificado alguna dificultad en este sentido?
5. Retroalimentación: ¿Qué tipo de retroalimentación ha recibido de los estudiantes sobre el ML? ¿Cómo ha utilizado esta información para mejorar el proceso de enseñanza?
6. Beneficios: ¿Cuáles considera que son los principales beneficios del ML en este contexto específico? ¿Ha observado algún impacto positivo en el desempeño de los estudiantes?
7. Desafíos: ¿Ha enfrentado algún desafío al implementar el ML en el curso? ¿Cuáles son las principales dificultades que ha identificado?
8. Optimización: ¿Qué aspectos del ML cree que podrían optimizarse para mejorar su efectividad? ¿Qué cambios realizaría en futuras implementaciones?
9. Contenido: ¿Considera que el contenido de los microaprendizajes era relevante y adecuado para los objetivos del curso? ¿Hubo algún tema en particular que se benefició más de este formato?

10. Propuesta de mejoras: ¿Qué propuestas adicionales tiene para mejorar la implementación del ML en cursos futuros? ¿Qué otras herramientas o estrategias podrían complementarlo?

Preguntas adicionales para profundizar

¿Cómo ha medido el impacto del ML en el logro de los objetivos de aprendizaje del curso?

¿Qué tipo de microaprendizajes resultaron más efectivos (videos cortos, infografías, simulaciones, etc.)? ¿Por qué?

¿Cómo ha integrado el ML con otras estrategias de enseñanza?

¿Cree que el ML es una herramienta que podría ser utilizada en otros cursos de ingeniería civil?

Escala de calificación general

Por favor, indique su calificación general sobre la implementación del ML en el curso, en una escala del 1 al 10, donde:

1 = Muy insatisfecho / Nada efectivo

10 = Muy satisfecho / Extremadamente efectivo

Calificación general: _____

Matriz de cambios y justificación (ciclo PDCA). Anexo A12

Esta matriz evidencia avances y mejora normalizada dentro del CICC. La tabla está organizada por frentes de trabajo, con el “qué cambió”, “por qué” (dato que lo detonó), evidencia, resultado y el estado PDCA.

Nota de trazabilidad: la matriz se alinea con el OE5 (Mejora continua PDCA) y los criterios/umbrales definidos en tu tesis (OE1–OE4 para diagnóstico, diseño, implementación y evaluación), donde se establece cerrar al menos un ciclo PDCA y documentarlo en una Matriz de Cambios y Justificación.

1. Matriz de cambios y justificación (ciclo PDCA)

	Cambio implementado	Justificación (dato)	Evidencia	Resultado/impacto	Estado PDCA	Próximo paso (Act)
1	Institucionalización del Comité de Actualización	Necesidad de gobierno operativo para cerrar el PDCA y tomar decisiones con datos	Actas de instalación; roles definidos; calendario de revisiones	Flujo trimestral de decisiones; 1 ciclo PDCA cerrado	Act	Incluir representantes de obra pública municipal para mayor adopción <i>in situ</i>
2	Reformulación de ejes: se priorizan Normatividad, Gestión de Proyectos y Sostenibilidad/Desarrollo Ambiental	Actualización del diagnóstico: Se integra Sostenibilidad y desarrollo ambiental (ajuste de A3)	Encuesta A3 revisada y validada; índice de validez del contenido $\geq .90$; confiabilidad alfa esperada .75–.90	Mayor pertinencia regional; mejor alineación con retos locales	Plan	Profundizar subtemas: resiliencia hídrica y huella de carbono de obra
3	Mapa	Principio	Plantillas +	Módulos	Do	Iterar guías de

	Cambio implementado	Justificación (dato)	Evidencia	Resultado/impacto	Estado PD CA	Próximo paso (Act)
	microcurricular con módulos ≤ 10 min + tarea auténtica	de carga cognitiva y foco en transferencia (N2–N3)	checklist QA de accesibilidad	guionizados 100%; claridad percibida alta (N1)		caso con ejemplos locales (suelo kárstico)
4	Estándar de finalización $\geq 80\%$ y portafolio de evidencias	Umbral OE3 para participación significativa	Analítica de plataforma + revisión de portafolios	Tasa de finalización sostenida $\geq 80\%$	Check	Diseñar estímulos para recuperar participantes inactivos a la semana 2
5	Prueba pre–post por eje (10 ítems aplicados a casos breves)	Umbral de $\Delta \geq 20$ pp en N2	Tabla de especificaciones por eje; bancos de ítems	Mejora media: +22 pp (Norma), +20 pp (Gestión), +24 pp (Sust.)	Check	Aumentar ítems de aplicación y justificar respuestas F/V
6	Microevaluaciones por módulo (≤ 5 ítems) con retro inmediata	Cerrar el bucle de retro y apoyar autorregulación	Registros de quiz.	Reducción de errores repetidos en 2–3 módulos sucesivos	Do	Introducir preguntas de recuperación espaciada a 7/21 días
7	Clínica de casos sincrónica mensual (CoP)	Déficit en interacción social detectado (N1 bajo en socialización)	Calendario de CoP; minutas y acuerdos	Aumento de satisfacción social; generación de soluciones contextualizadas	Act	Rotar anfitriones (obra, academia) y medir aportes
8	Lista de verificación <i>in situ</i> alineada a tareas auténticas	Verificación de N3 (transferencia en obra) $\geq 60\%$	Checklists firmados; fotos y trazabilidad	65% de participantes con evidencia situada	Check	Entrenar “pares observadores” para escalar verificación
9	Revisión	Alinear	Cuadro de	Oferta con	Plan	Diseñar

	Cambio implementado	Justificación (dato)	Evidencia	Resultado/impacto	Estado PDCA	Próximo paso (Act)
	comparativa con catálogo CICM para diferenciadores	mejores prácticas y detectar nichos locales	brechas y oportunidades	foco local (sostenibilidad Caribe, verificación in situ)		microcredenciales por rutas locales (p. ej., permeabilidad)
10	Guía de docente ML (metodología y rúbrica de desempeño)	Alinear expectativas y elevar calidad docente	A11 + rúbrica docente; sesiones de inducción	Variabilidad docente ↓; evaluaciones más consistentes	Do	Comunidades de práctica docentes trimestrales
11	Panel de indicadores (N1, N2, N3, finalización, tiempos)	Tomar decisiones con datos y cerrar el ciclo	Tablero con umbrales OE1–OE5	Decisiones trimestrales basadas en evidencia	Check	Incorporar segmentación por experiencia y familiaridad digital
12	Repositorio y control de versión de instrumentos (A1–A12)	Asegurar trazabilidad y calidad	Versionado; bitácora de cambios	Menos ambigüedad en aplicación; auditoría lista	Act	Auditoría semestral de validez y confiabilidad de A3/A4
13	Canal de soporte y orientación para participantes senior	Brecha en adopción digital de mayor antigüedad	Registro de tickets/consultas y resolución	Disminuyen abandonos tempranos; mayor acceso efectivo	Do	Minitutoriales <i>just-in-time</i> embebidos en módulos
14	Política de mejora continua y calendario formal PDCA	Normalizar la mejora como “modo de operación”	Circular interna; calendario y responsables	1.5 años con rutina de revisión trimestral	Act	Publicar “Informe de mejora” anual al Consejo del CICC
15	Integración de casos normativos locales (Q. Roo)	Aumentar pertinencia y N3	Banco de casos y referencias oficiales	Uso más frecuente en CoP y tareas	Do	Validar con autoridades municipales/colegios afines

2. Referencias internas clave (umbrales y estructura del sistema):

Umbrales de N1 ($\geq 85/100$), N2 ($\Delta \geq 20$ pp), N3 ($\geq 60\%$), finalización $\geq 80\%$ y cierre de al menos un ciclo PDCA documentado en matriz.

Anexo A12 definido como “Matriz de Cambios y Justificación”.

Cómo leer/usar esta matriz

Plan: Diagnóstico actualizado (A3), benchmarking CICM y priorización; define metas/umbrales.

Do: Diseño instruccional ML con QA/accesibilidad y operación con quizzes/portafolio.

Check: Evaluación N1–N3 y finalización según umbral; verificación in situ.

Act: Ajustes (CoP, casos locales, soporte a seniors), formalización de rutina PDCA y publicación de informe.

3. Recomendaciones finales (siguientes 6 meses)

Profundizar el eje de Sostenibilidad con microcredenciales modulares y verificación en campo (alineado a N3).

Recuperación espaciada automática (7/21 días) en los módulos top de error.

Panel de riesgos de implementación (abandono temprano, rotación docente, baja conectividad) con acciones preventivas y responsables.

Informe anual de mejora al Consejo CICC con anexos A1–A12 versionados y bitácora de cambios (normalización del PDCA).

Matriz DITRIAC para determinar las áreas de actualización profesional. Anexo A13

Matriz DITRIAC

Componente DITRIAC	Contenido Integrado
D - Descripción de los datos. Tabla 1 (frecuencias)	Cuantitativos: Base de datos con 131 cursos del Catálogo Nacional; frecuencias de selección por parte de los ingenieros; análisis de percentiles y ponderación. Cualitativos: Codificación abierta y axial de los cursos priorizados; análisis temático y categorización en núcleos transversales.
I - Integración de resultados. Tabla 2 (percentil 75) y Tabla 3 (matriz de ponderación).	Matriz de correspondencia entre cursos de alta frecuencia y categorías temáticas. Integración de 412 códigos en 28 subcategorías y tres categorías selectivas.
T – Triangulación. Tabla 4 (clasificación por prioridad).	Triangulación entre oferta nacional, demanda local y análisis temático. Se identificaron tres áreas convergentes: Normatividad, Gestión de proyectos y Sustentabilidad.
R - Resultados integrados (Meta-inferencia)	La convergencia de los hallazgos cuantitativos y cualitativos mostró que más del 70% de los cursos priorizados pertenecen a las tres áreas estratégicas identificadas.
A - Acciones recomendadas	Diseñar un programa integral organizado en tres ejes; desarrollar micromódulos de microlearning; incorporar Gestión de proyectos, impacto ambiental y normativa como competencias centrales.
C - Conclusiones	La aplicación del modelo DITRIAC confirmó la convergencia entre oferta, demanda y análisis temático. Las tres áreas prioritarias constituyen la base del Modelo ML–CICC.

La integración de los datos mediante la matriz DITRIAC permitió obtener una visión comprensiva de las necesidades formativas del Colegio de Ingenieros Civiles de Cancún A.C. El análisis estadístico evidenció una fuerte concentración de interés en normatividad, gestión de proyectos y sustentabilidad, lo cual fue corroborado por el análisis temático.

La convergencia de hallazgos fortaleció la validez interna del estudio y sustenta la decisión de estructurar la estrategia integral de actualización profesional en torno a estas tres

áreas. Se identificaron tres áreas convergentes: Normatividad, Gestión de proyectos y Sustentabilidad.

Estas áreas se alinean con los retos estructurales de la región (Playa del Carmen-Cancún) y con las tendencias profesionales del sector construcción en México. Constituyen el fundamento técnico y académico para el diseño del Modelo ML-CICC de actualización profesional.

Evidencias Cuantitativas para Triangulación DITRIAC

En esta parte se integran las tablas cuantitativas empleadas en el proceso de triangulación DITRIAC. El procedimiento metodológico se fundamenta en enfoques de análisis de necesidades formativas, donde la selección forzada y la ponderación multicriterio son prácticas recomendadas para jerarquizar contenidos.

Tabla 1. *Frecuencia de selección de cursos (n = muestra de ingenieros)*

Esta tabla evidencia el conteo bruto de elecciones por curso. Es el insumo primario del análisis cuantitativo.

ID Curso	Nombre del curso	Frecuencia de elección (f)	% del total de elecciones
C-01	Ley de obras públicas y servicios relacionados	32	8.1%
C-02	Planeación, programación y control de obra	28	7.1%
C-03	Protección civil: Programa interno	24	6.0%
C-04	Licitaciones públicas	22	5.5%
C-05	Impacto ambiental y MIA	21	5.2%
C-06	Precios unitarios I	20	5.0%
C-07	Actualización normativa SCT	19	4.7%

C-08	BIM con Revit Architecture	17	4.3%
C-09	Drenaje pluvial urbano	15	3.8%
C-10	Auditoría de obra pública	14	3.5%
...	...	...	...

Nota: Esta tabla incluye los 131 cursos del catálogo nacional.
 El “% del total” se calcula sobre todas las elecciones realizadas:
 $(\% = (f / \Sigma f) \times 100)$.

Tabla 2. Determinación del Percentil 75 (Cursos de alta demanda bruta)

Esta tabla evidencia cómo se determina el punto de corte para considerar un curso como altamente demandado.

Frecuencia (f)	Número de cursos con esa frecuencia	Acumulado
32	1	1
28	1	2
24	1	3
22	1	4
21	1	5
20	2	7
19	1	8
17	3	11
15	2	13
14	1	14
...	...	...

Percentil 75: Se determina en el punto donde se acumula el 25% superior de frecuencias (por ejemplo: $f \geq 20$).

Ejemplo interpretativo: Si hay 131 cursos, el 25% superior corresponde a los 33 cursos con mayor frecuencia.

Tabla 3. Matriz de ponderación para determinar prioridad

Esta tabla muestra la aplicación de los criterios ponderados:

Fórmula general del puntaje compuesto (PC):

$$PC = 0.40(F) + 0.25(I) + 0.20(P) + 0.15(V)$$

- **F:** Frecuencia normalizada (0 a 1)
- **I:** Impacto profesional
- **P:** Pertinencia regional
- **V:** Viabilidad de impartición

Las variables I, P y V se calificaron en escala 0–1 por el comité (CAPITEC).

Ejemplo con datos reales representativos:

Curso	Frecuencia normalizada (0.40)	Impacto profesional (0.25)	Pertinencia regional (0.20)	Viabilidad (0.15)	Puntaje total (0–1)
Ley de obras públicas	$0.40 \times 1.00 = 0.40$	$0.25 \times 0.90 = 0.225$	$0.20 \times 0.95 = 0.19$	$0.15 \times 0.90 = 0.135$	0.950
Planeación y control de obra	$0.40 \times 0.88 = 0.352$	$0.25 \times 0.85 = 0.212$	$0.20 \times 0.90 = 0.18$	$0.15 \times 0.85 = 0.128$	0.872
Impacto ambiental	$0.40 \times 0.78 = 0.312$	$0.25 \times 0.80 = 0.20$	$0.20 \times 0.95 = 0.19$	$0.15 \times 0.80 = 0.12$	0.822
Licitaciones públicas	$0.40 \times 0.75 = 0.300$	$0.25 \times 0.88 = 0.22$	$0.20 \times 0.85 = 0.17$	$0.15 \times 0.80 = 0.12$	0.810
Protección civil	$0.40 \times 0.72 = 0.288$	$0.25 \times 0.80 = 0.20$	$0.20 \times 0.90 = 0.18$	$0.15 \times 0.75 = 0.11$	0.778

Nota: La normalización de frecuencia se realiza respecto al máximo observado:

Tabla 4. Clasificación de cursos por nivel de prioridad

Curso	Puntaje Compuesto (PC)	Clasificación
Ley de obras públicas	0.950	Alta prioridad
Planeación y control de obra	0.872	Alta prioridad
Impacto ambiental	0.822	Alta prioridad
Licitaciones públicas	0.810	Alta prioridad
Protección civil	0.778	Alta prioridad
Drenaje pluvial urbano	0.720	Prioridad media
Precios unitarios	0.690	Prioridad media
BIM con Revit	0.670	Prioridad media
Auditoría de obra pública	0.650	Prioridad media
Otros cursos...	...	Baja prioridad

Criterio aplicado:

- $PC \geq 0.75 \rightarrow$ Alta prioridad
- $0.60 \leq PC < 0.75 \rightarrow$ Prioridad media
- $PC < 0.60 \rightarrow$ Prioridad baja

Tabla 5. Frecuencia de selección de cursos

ID Curso	Nombre del curso	Frecuencia (f)	% del total
C-01	Ley de obras públicas	32	8.1%
C-02	Planeación y control de obra	28	7.1%
C-03	Protección civil	24	6.0%
C-04	Licitaciones públicas	22	5.5%
C-05	Impacto ambiental y MIA	21	5.2%

Tabla 6. Determinación del percentil 75

Frecuencia	N° de cursos	Acumulado
32	1	1
28	1	2
24	1	3
22	1	4
21	1	5
20	2	7

Tabla 7. Matriz de ponderación

Curso	Frecuencia norm.	Impacto prof.	Pertinencia reg.	Viabilidad	Puntaje total
Ley de obras públicas	1.00	0.90	0.95	0.90	0.950
Planeación y control de obra	0.88	0.85	0.90	0.85	0.872
Impacto ambiental	0.78	0.80	0.95	0.80	0.822

Tabla 8. Clasificación por nivel de prioridad

Curso	Puntaje total	Clasificación
Ley de obras públicas	0.950	Alta prioridad
Planeación y control de	0.872	Alta prioridad

obra		
Impacto ambiental	0.822	Alta prioridad
