

Depósito Legal Nro.: 202310599  
+51 932 604 538  
[contacto@editorialmarcaribe.es](mailto:contacto@editorialmarcaribe.es)



MAR CARIBE

EDITORIAL

*Libro de Investigación*

# AUDITORÍA Y CONTROL DE CALIDAD EN PROYECTOS DE INGENIERÍA

*Luis Alberto Sakibaru Mauricio  
Christian Jesús Suarez Rodríguez  
Yesenia Guevara Valdiviezo  
Romel Dario Bazán Robles  
Oswaldo Daniel Casazola Cruz  
Jorge Lázaro Franco Medina*

ISBN: 978-612-5124-16-6



9 786125 124166

## **Auditoría y control de calidad en proyectos de ingeniería**

Luis Alberto Sakibaru Mauricio, Christian Jesús Suarez Rodríguez, Yesenia Guevara Valdiviezo,  
Romel Dario Bazán Robles, Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Jorge Lázaro Franco Medina

© Luis Alberto Sakibaru Mauricio, Christian Jesús Suarez Rodríguez, Yesenia Guevara Valdiviezo,  
Romel Dario Bazán Robles, Oswaldo Daniel Casazola Cruz, Jorge Lázaro Franco Medina, 2023

Jefe de arte: Yelitza Sánchez

Diseño de cubierta: Yelitza Sánchez

Ilustraciones: Ysaelen Odor

Editado por: Editorial Mar Caribe de Josefrank Pernalette Lugo

Jr. Leoncio Prado, 1355 – Magdalena del Mar, Lima-Perú. RUC: 15605646601

Libro electrónico disponible en [http://editorialmarcaribe.es/?page\\_id=1901](http://editorialmarcaribe.es/?page_id=1901)

Primera edición – octubre 2023

Formato: electrónico

**ISBN: 978-612-5124-16-6**

**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°: 202310599**

## Tabla de Contenido

Introducción .....	4
Capítulo 1 .....	6
Gestión de la Calidad en Ingeniería .....	6
La gestión de calidad en los proyectos .....	14
Acciones para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad (SGC) en un proyecto .....	17
La calidad: aseguramiento .....	20
Capítulo 2.....	28
Marco Normativo.....	28
Las auditorias de calidad.....	29
Metodología que ayudan en la consecución de la calidad .....	32
Capítulo 3.....	57
Ingeniería en proyectos con criterios de calidad.....	57
La sostenibilidad .....	57
Tecnosfera: modelado .....	63
Fractura Metabólica .....	74
La metodología instruccional: pensamiento afectivo complejo.....	84
Capítulo 4.....	98
Gestión de Calidad: enfoque y modelo .....	98
Difusión.....	98
Universalidad .....	99
El igualitarismo.....	100
El desafío de los proyectos del futuro.....	116
Conclusiones .....	119
Bibliografía .....	123

## Introducción

En el ámbito de los procesos industriales, es una práctica ampliamente conocida y habitual que poseamos una comprensión y conciencia profundas del resultado de productos terminados que se adhieren a estrictas medidas de control de calidad, todo con el objetivo principal de cumplir y superar las expectativas. y requisitos de nuestros estimados clientes.

Los proyectos de ingeniería no pueden evitar el principio fundamental de entregar productos que satisfagan las necesidades y preferencias específicas de los clientes. Surge entonces la pregunta ¿dónde se encuentra exactamente la culminación de un proyecto de ingeniería? El objetivo principal de un proyecto es llegar a decisiones informadas mediante la realización de un análisis integral que tenga en cuenta varios factores, incluidos, entre otros, costos, evaluaciones de soluciones tecnológicas, selección de opciones, viabilidad de la construcción y examen de los procedimientos de adquisición, entre otros.

La persona a cargo de llevar a cabo el proyecto es responsable de producir una gran cantidad de documentación que ayudará a tomar decisiones importantes durante las etapas de adquisición y construcción. Estos documentos sirven como el resultado final de las empresas de desarrollo de ingeniería, que priorizan el establecimiento de estrategias efectivas para garantizar un sistema de gestión de calidad confiable que se alinee con estándares internacionales como ISO 9000.

Para cumplir con los requisitos iniciales del proyecto, es fundamental garantizar que todos los documentos se emitan correctamente al cliente. Esto implica establecer un plan de calidad integral que abarque diversos aspectos como formatos, sistema de codificación (basado en una estructura de partición de trabajo) y software aprobado para su desarrollo. Además, el plan de calidad también describe el personal responsable de realizar revisiones y aprobaciones, así como la gestión efectiva de la comunicación entre el ejecutor y el revisor. Es esencial documentar todos estos detalles por escrito para evitar que surjan posibles ambigüedades o malentendidos.

En el ámbito de los proyectos de ingeniería y construcción, es habitual que el contratista realice varias etapas para ejecutar con éxito el proyecto. Durante la etapa de Factibilidad, el contratista típicamente realiza tareas de Ingeniería Básica, mientras que en la etapa de Ejecución se enfoca en Ingeniería de Detalle. Asimismo, el contratista asume la responsabilidad de adquirir equipos y materiales en nombre del propietario, solicitar propuestas, gestionar el proceso de construcción y, en última instancia, realizar la puesta en marcha del proyecto. Por lo tanto, el contratista desempeña un papel crucial en la formación de los operadores del propietario y en garantizar la entrega sin problemas de las instalaciones terminadas durante la fase de puesta en servicio y puesta en marcha.

Estos proyectos también se pueden completar utilizando el enfoque de "vía rápida", donde todas las actividades del proyecto que se pueden realizar simultáneamente se ejecutan juntas. La

fase de construcción del proyecto comienza principalmente cuando hay un progreso significativo en la ingeniería de detalle, generalmente alrededor del 30% de finalización, y los planos de construcción se han finalizado y emitido.

La gestión de la calidad en un proyecto implica tener en cuenta los diversos procesos y actividades que lleva a cabo la organización responsable de la ejecución del proyecto. Estos procesos y actividades son cruciales para determinar los roles y responsabilidades, establecer objetivos y establecer políticas de calidad para garantizar que el proyecto cumpla con los requisitos específicos para los que fue diseñado.

De similar forma, el Sistema de Gestión de la Calidad se establece mediante la implementación de políticas y procedimientos, además de implementar una serie de iniciativas de mejora continua de los distintos procesos que se ejecutan a lo largo del proyecto. Estos procesos abarcan una multitud de actividades destinadas a mejorar y refinar la calidad general de los entregables del proyecto.

La planificación de la calidad es un proceso crucial que implica identificar los requisitos y estándares de calidad tanto para el proyecto como para el producto. También implica documentar las estrategias y métodos que se utilizarán para garantizar el cumplimiento de estos requisitos y estándares. Varios insumos contribuyen a este proceso, incluidos factores ambientales como regulaciones gubernamentales y pautas industriales específicas. En consecuencia, juegan un papel importante los activos de la organización, como políticas, procedimientos y guías de calidad, así como datos históricos y experiencias de proyectos anteriores. La declaración del alcance del proyecto, que describe los principales entregables y objetivos del proyecto, también es un documento esencial que ayuda en la especificación de los requisitos.

El aseguramiento de la calidad es un proceso crucial que implica evaluar los requisitos de calidad y examinar los resultados de las medidas de control de calidad para garantizar que se sigan los estándares de calidad y las definiciones operativas adecuadas. Este proceso tiene en cuenta diversos insumos, como información sobre el desempeño del trabajo, incluidas mediciones del desempeño técnico, el estado actual de los entregables del proyecto, las acciones correctivas necesarias y los informes de desempeño. Para facilitar este proceso, a menudo se realizan auditorías de calidad, que implican una revisión exhaustiva e independiente para evaluar si las actividades del proyecto se alinean con las políticas, procesos y procedimientos de la organización.

# Capítulo 1

## Gestión de la Calidad en Ingeniería

La concepción de calidad existe desde la antigüedad, como lo demuestra las construcciones antiguas. Las pirámides mostraron calidad a través del corte y ajuste preciso de cada piedra, lo que dio como resultado una estructura compleja y perfecta. En la era artesanal la calidad se definía por el cumplimiento de los requisitos específicos marcados por expertos artesanos. Durante la primera mitad del siglo XX, el concepto de calidad evolucionó con la introducción de las teorías de Taylor y Ford. Esto llevó al concepto de inspección total al final de la línea de producción, asegurando que el producto cumpliera con las intenciones del diseñador y satisfacía las necesidades del cliente.

Así, el concepto de calidad ha evolucionado a lo largo de la historia, desde la precisión de las construcciones antiguas hasta la introducción del control estadístico y el enfoque en la satisfacción del cliente. Ha pasado por múltiples revoluciones, priorizando la forma en que las industrias abordan la calidad en sus productos y servicios. Alrededor de 1920, Walter Shewart contribuyó a la era moderna de la calidad definiéndola desde una perspectiva tanto subjetiva como objetiva. Desde un punto de vista objetivo, enfatizó en controlar las variaciones mensurables en las características de calidad.

La introducción del control estadístico por parte de Shewart allanó el camino para la primera revolución de la calidad en los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial. La segunda revolución de la calidad se produjo en la década de 1950, cuando Deming, Juran y Feigenbaum fueron contratados por la Unión de Ingenieros y Científicos Japoneses para ayudar a reconstruir el sector industrial japonés y establecer al país como una potencia global. La tercera revolución de la calidad tuvo lugar a finales de los años 1970 y principios de los 1980, cuando el trabajo de Deming, Juran y Feigenbaum obtuvo reconocimiento e implementación en Estados Unidos.

Deming creía que la calidad sólo podía ser definida por el individuo que la juzgaba. Enfatizó que la calidad se logra cuando el operador se enorgullece de su trabajo, mientras que la mala calidad conduce a la pérdida de negocios o empleo. Juran definió la calidad como "adecuación para el uso", destacando la importancia de cumplir con el propósito previsto de un producto o servicio. Feigenbaum introdujo el concepto de calidad total, enfatizando el objetivo de la satisfacción del cliente y la mejora continua.

Durante la década de 1990, particularmente en la industria automotriz, el énfasis en la calidad continuó creciendo, lo que llevó al surgimiento de la norma ISO 9001, ampliamente reconocida. Este modelo global para sistemas de gestión de calidad fue creado y adoptado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 1987 para estandarizar los requisitos de

calidad para los países europeos dentro del Mercado Común y para quienes realizan negocios con ellos. La norma ISO 9001 ha sido revisada en 1994, 2000 y 2008.

En septiembre de 2015 se publicó la versión más reciente, que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad aplicable a organizaciones de cualquier tamaño o industria. Por el contrario, a medida que las empresas comenzaron a incorporar principios de calidad en sus sistemas administrativos, el concepto de gestión conocido como gestión de la calidad total (GCT) ganó popularidad. El GCT fue más allá de ser únicamente una disciplina técnica centrada en la ingeniería o la producción y asumió un nuevo papel al permear todos los aspectos de la operación de una empresa.

Este cambio llevó al desarrollo de diversas metodologías como círculos de calidad total, reingeniería de procesos, Seisigma, lean Manufacturing, leansigma y otras. Estas metodologías, arraigadas en técnicas estadísticas y avances en las ciencias del comportamiento, tenían como objetivo mejorar la productividad de las empresas. Este estándar se basa en un conjunto de principios de gestión, que incluyen un fuerte enfoque en la satisfacción del cliente, la motivación y la participación de la alta dirección, la adhesión a un enfoque orientado a procesos y un compromiso con la mejora continua. La utilización de ISO 9001:2015 garantiza que los clientes reciban productos y servicios consistentes y de alta calidad, lo que a su vez aporta numerosos beneficios a las empresas.

Numerosos estudios han explorado la aplicación de técnicas de ingeniería de calidad en el diseño de productos, teniendo en cuenta enfoques tanto locales como globales. Estos estudios, realizados por Clausing, Lin, Nelson y Winter, Hammer y Champy, Towner, Kackar, Box, Wu, Ross, Arthur, Simon, Loasby y Hodgson, entre otros, proporcionan una conceptualización integral de la ingeniería de calidad.

Esencialmente, estas técnicas involucra un conjunto de actividades encaminadas a diseñar, mejorar y optimizar procesos, productos y servicios. El objetivo final es reducir el tiempo de ciclo, la variabilidad y los costos, para poder ofrecer los mejores productos posibles al mercado. La ingeniería de calidad es un campo que abarca una gama de técnicas cuantitativas destinadas a optimizar productos y procesos de fabricación. El objetivo es crear diseños que sean rentables y resistentes, minimizando el impacto de la variabilidad externa o el ruido. Esta variabilidad puede surgir de diversas fuentes, incluido el deterioro del producto, factores ambientales o factores relacionados con el hombre. Además, puede haber ruido o imperfecciones en el proceso de fabricación.

El control de calidad, tal como lo definen las normas industriales japonesas, se refiere a los métodos sistemáticos empleados para garantizar que los bienes o servicios cumplan con los requisitos del comprador de manera rentable. De manera similar, otra definición de control de

calidad enfatiza el desarrollo, diseño, producción, comercialización y provisión de productos y servicios que sean rentables.

El objetivo es satisfacer a los clientes, impulsándolos a realizar compras con satisfacción. Además, un proceso de gestión es esencial para llevar a cabo las operaciones de manera efectiva y mantener la estabilidad. Este proceso implica evaluar el desempeño real de la empresa, compararlo con los objetivos deseados y tomar decisiones basadas en las diferencias observadas. Al hacerlo, la empresa puede mantener el statu quo y evitar cambios adversos. Para lograr estos objetivos, todos los departamentos de una empresa deben trabajar juntos, incluida la alta dirección, la oficina central, las fábricas y los departamentos individuales como producción, diseño, técnico, investigación, planificación, investigación de mercado, administración, contabilidad, materiales, almacenes, ventas, servicio, personal, relaciones laborales y temas generales.

Cada departamento debe contribuir a la creación de sistemas que faciliten la cooperación y aseguren la fiel implementación de las normas internas. Esto se puede lograr mediante el uso generalizado de diversas técnicas, como métodos estadísticos, normas y reglamentos, métodos computarizados, control automático, control de instalaciones, control de mediciones, operaciones de investigación, ingeniería industrial e investigación de mercados.

En 1966, Taguchi revolucionó el proceso de producción al introducir el concepto de control estadístico de calidad. Realizó una extensa investigación sobre el control de la producción, dando lugar al desarrollo de una serie de trabajos en este ámbito. En 1984, tras su exitoso paso como consultor de Taguchi, se acuñó el término "Método", refiriéndose a la aplicación de la función de pérdida para medir los costos incurridos por los consumidores debido a la falta de calidad. Este concepto innovador destacó el hecho de que la ingeniería de calidad abarca varias disciplinas como la ingeniería de diseño, operaciones de procesos, servicios posventa, economía y estadística. Su principal objetivo es minimizar las pérdidas causadas por la variación, mientras que el control de calidad se centra principalmente en el desarrollo, seguimiento y aseguramiento de la calidad de los productos y servicios.

A Taguchi se le atribuye ampliamente la técnica de la ingeniería de calidad, que comenzó a desarrollar ya en 1957. Su publicación sobre el diseño de experimentos introdujo la formulación de una matriz ortogonal para realizar experimentos e identificar variables clave para lo que denominó "robusto". diseño." Según los expertos, la ingeniería robusta es una poderosa herramienta para mejorar y crear procesos y productos confiables, y ha evolucionado significativamente desde la definición inicial del Dr. Taguchi, superando métodos anteriores en el campo del diseño experimental. El objetivo principal de la ingeniería robusta es diseñar productos que sean menos susceptibles a factores y variaciones incontrolables, en lugar de depender únicamente de niveles extremos de calidad de las materias primas o cálculos de ingeniería excesivos. Este enfoque pretende lograr un equilibrio entre rentabilidad y competitividad, garantizando los costes más bajos posibles sin comprometer la calidad.

Otra perspectiva sobre el control de calidad la aporta Hansen, quien lo define como el conjunto de técnicas y procedimientos empleados por la dirección para supervisar y guiar todas las etapas de la producción hasta obtener un producto de la calidad deseada. El control de calidad debería verse como una inversión que, como cualquier otra, debería producir rendimientos adecuados para justificar su implementación. Un objetivo clave para las empresas es reducir la incertidumbre en sus procesos. Esto se puede lograr mediante una toma de decisiones eficaz basada en el análisis de datos y la información recopilada del sistema empresarial.

La unidad estadística de análisis puede ser el propio proceso de producción o toda la empresa. Al aprovechar información precisa y confiable, las empresas pueden realizar estudios y análisis futuros para mejorar los servicios y productos a corto plazo. Esto se alinea con un principio fundamental de la gestión de la calidad, que establece que las decisiones tomadas con respecto al sistema de gestión y sus procesos son tan buenas como las mediciones tomadas. Además de satisfacer las expectativas del cliente, la ingeniería de calidad es un campo interdisciplinario que tiene como objetivo minimizar las pérdidas generales asegurando la producción de productos de alta calidad a través de un proceso impulsado por la calidad.

El uso de técnicas estadísticas ha ido ganando fuerza con el paso de los años como medio para mejorar continuamente los sistemas operativos. Estas técnicas permiten que los procesos de fabricación produzcan productos más competitivos en el mercado. Una forma de lograrlo es operar bajo el principio de error cero durante todo el proceso de fabricación. Para que la medición de la calidad sea eficaz, debe realizarse de manera que proporcione información que las personas puedan comprender y utilizar.

ISO/TR 10017 es un Informe Técnico que tiene como objetivo ayudar a las organizaciones a identificar técnicas estadísticas que pueden ser útiles en el desarrollo, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de calidad de acuerdo con las normas ISO 9001 e ISO 9004. El informe cubre diversas técnicas estadísticas, como estadística descriptiva, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, metrología, análisis de capacidad de proceso, muestreo de análisis de regresión y confiabilidad, gráficos de control de procesos estadísticos (SPC), tolerancias estadísticas y análisis de series de tiempo.

En este informe técnico se propone tres niveles de complejidad para los métodos estadísticos:

- El primer nivel incluye métodos estadísticos elementales, los cuales se consideran básicos e incluyen herramientas como diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, estratificación, hojas de verificación, histogramas, diagramas de dispersión, gráficos y cuadros de control.
- El segundo nivel consta de métodos estadísticos intermedios, que involucran la teoría del muestreo, estadísticas de inspección mediante muestreo, diversos métodos para realizar

estimaciones y pruebas estadísticas, el uso de pruebas sensoriales y métodos de diseño de experimentos.

- El tercer nivel abarca métodos estadísticos avanzados, que implican el uso de software y computadoras para diseñar experimentos, análisis multivariable y diversos métodos de investigación operativa.

Estos métodos y herramientas son valiosos en el establecimiento, implementación y mantenimiento de sistemas de gestión de calidad. Abarcan todos los aspectos de la cadena de valor del proceso, asegurando la productividad al satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas. Estas herramientas desglosan los objetivos de los sistemas de Gestión, los cuales se basan en las normas ISO 9000. Estos estándares internacionales proporcionan pautas y modelos para implementar Sistemas de Gestión de Calidad, pero no dictan cómo las empresas deben lograrlos. Los estándares describen los requisitos para la certificación de calidad, mientras que las herramientas de ingeniería de calidad y mejora continua ofrecen soluciones prácticas. La ventaja de estas herramientas es su capacidad para identificar las causas de la variabilidad del proceso y abordar los errores y la mala calidad. Al identificar la variabilidad anormal en los procesos, contribuyen a mejorar la calidad general.

En general, las normas del sistema de gestión ISO proporcionan un marco integral para que las organizaciones establezcan y mantengan prácticas efectivas de gestión de la calidad. Estos estándares no sólo facilitan el cumplimiento de los requisitos de los clientes, sino que también impulsan la mejora continua y fomentan una cultura de excelencia. Al adherirse a estos estándares reconocidos internacionalmente, las empresas y organizaciones pueden mejorar su reputación, generar confianza en los clientes y lograr el éxito a largo plazo.

Las normas de sistemas de gestión ISO sirven como un modelo valioso para establecer y operar un sistema de gestión reconocido internacionalmente y basado en el consenso. Estos estándares se basan en la experiencia colectiva de la gestión global e incorporan las mejores prácticas. La familia de normas ISO 9000 se centra particularmente en la gestión de la calidad y ofrece orientación y herramientas para empresas y organizaciones que buscan satisfacer consistentemente los requisitos de los clientes y mejorar continuamente sus productos y servicios.

Esta familia de normas incluye ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004 e ISO 19011. La versión más reciente de la norma ISO 9000, publicada en 2015, describe los principios, términos básicos y definiciones de calidad, mientras que ISO 9001:2015 especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad, lo que la convierte en la única norma certificable dentro de ISO 9000 familia. ISO 9004:2009, por otro lado, se centra en mejorar la eficiencia y eficacia de un sistema de gestión de la calidad. Además, ISO 19011:2011 proporciona orientación sobre la realización de auditorías internas y externas de sistemas de gestión.

La implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) basado en la norma ISO 9001 sienta una base sólida para establecer un programa integral de Gestión de Calidad Total (GCT). Este estándar representa el paso significativo inicial hacia la implementación de un programa de GCT y agiliza el camino hacia la mejora continua. Según la norma ISO 9000:2015, un sistema de gestión de calidad se define como los elementos interconectados o interactuantes de una organización que establecen políticas, objetivos y procesos de calidad para lograr esos objetivos. La norma ISO 9001:2015 se alinea con siete principios fundamentales de la gestión de la calidad: enfoque en el cliente, liderazgo, compromiso de las personas, orientación a los procesos, mejora continua, toma de decisiones basada en evidencia y gestión de relaciones.

Si bien la certificación en la norma ISO 9001:2015 se considera un paso inicial hacia la implementación de estrategias de calidad total, no es suficiente por sí sola para impulsar mejoras en los resultados comerciales. Por el contrario, algunos argumentan que la norma ISO simplemente establece buenas prácticas de calidad sin brindar orientación sobre cómo las empresas deben establecerlas e implementarlas. En consecuencia, existe la necesidad de una sólida cultura de calidad dentro de las empresas certificadas para garantizar que esta iniciativa conduzca a mejoras tangibles en los resultados comerciales.

En la norma ISO 9001:2015 se han realizado varios cambios para mejorar su alineación con otros sistemas de gestión y poner mayor énfasis en la gestión de riesgos. Estos cambios se basan en los principios y procesos establecidos en la NTC ISO 31000, la cual se enfoca en identificar riesgos y determinar acciones para abordarlos. La nueva organización del sistema de gestión de la calidad en ISO 9001 introduce diez elementos clave que deben tenerse en cuenta. Estos elementos, numerados del 1 al 3, cubren el alcance, referencias normativas y definiciones según la norma ISO 9000:2015.

Entre los requisitos de la ISO 9000:2015, se encuentran:

- El Contexto organizacional: Las organizaciones deben identificar los problemas internos y externos, las partes interesadas, los requisitos de las partes interesadas y el alcance y el sistema de gestión de la calidad y sus procesos.
- El Liderazgo: Las organizaciones deben demostrar liderazgo y compromiso con el sistema de gestión de la calidad a través de la rendición de cuentas, la comprensión e impulso del enfoque en el cliente, el establecimiento y la comunicación de políticas de calidad y la definición de roles, responsabilidades y autoridades dentro de la organización.
- La Planificación: Describir la definición de acciones para abordar riesgos y oportunidades, objetivos de calidad y planes para alcanzarlos, y los requisitos para los cambios planificados.

- El Soporte: Representa el criterio por el cual la organización debe identificar y proporcionar los recursos necesarios para crear, implementar, mantener y mejorar continuamente el SGC, dichos recursos deben tomar en cuenta las personas, la infraestructura y el entorno para que operen los procesos, monitorear y medir los recursos y conocimientos de la organización. También incluye determinar y asegurar la competencia, el conocimiento, la comunicación y la creación y control de información documentada.
- La Operación: Se centra en las actividades de planificación, implementación y control de los procesos para la entrega de productos y servicios a través de la planificación y control operativo, comunicación, definición y análisis de requisitos de productos y servicios, diseño y desarrollo de productos y servicios, control de procesos, productos y servicios suministrados externamente, provisión de productos y servicios, lanzamiento de productos y servicios y control de resultados no conformes.
- La Evaluación del desempeño: Incluye criterios para monitorear, medir, analizar y evaluar el SGC, sus procesos, productos y servicios, y también indica la determinación de la gerencia sobre el proceso de revisión y auditoría interna.
- La Mejora: Se esfuerza por garantizar que la organización identifique y seleccione oportunidades de mejora e implemente las acciones necesarias para cumplir con los requisitos del cliente y mejorar la satisfacción del cliente mediante la identificación de acciones correctivas y la identificación de no conformidades y acciones correctivas; y mejora continua de la idoneidad, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Considerando el concepto de operación por procesos, es crucial ejercer control sobre la producción y validar los procesos. Esto se hace para establecer los criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y control de estos procesos sean efectivos. Así, es importante gestionar los recursos de manera efectiva para garantizar la disponibilidad de los recursos y la información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos. Esto se hace para garantizar una gestión adecuada de los productos no conformes mediante la realización de seguimientos y mediciones cuando corresponda.

Para lograr esto, es beneficioso utilizar las siete herramientas de calidad, como los diagramas de Ishikawa, que ayudan a identificar las causas de los eventos de no calidad. Se pueden utilizar hojas de registro para realizar un seguimiento de la frecuencia de estos eventos, mientras que se pueden utilizar tablas y gráficos de control para evaluar la estabilidad de los procesos. Es importante señalar que es posible que sea necesario realizar ajustes a los gráficos de control en función de las características de los procesos. Varios autores han reconocido que los procesos no siempre son tan ideales como demuestra Shewhart, y que los métodos tradicionales de control

estadístico pueden perder eficacia cuando se trata de datos auto correlacionados. Por lo tanto, este trabajo propone la aplicación de técnicas de muestreo, distribuciones de probabilidad y modelos de pronóstico para parametrizar procesos.

La planificación, diseño y desarrollo de un producto pueden beneficiarse del uso de la metodología de Diseño Concurrente (DC). Esta metodología implica integrar el proceso de diseño y fabricación del producto, permitiendo actividades de diseño paralelas. Tiene en cuenta varios factores, como las necesidades del cliente, la eficiencia de los procesos, la integración interna y externa, la gestión, la seguridad de la producción y la comunicación. Al utilizar esta metodología, se pueden determinar de manera efectiva los requisitos y expectativas del cliente. El Despliegue de la Función de Calidad (DFC) es una herramienta necesaria para este proceso, ya que ayuda a transformar las expectativas del cliente en especificaciones de ingeniería. DFC es un método de diseño de productos y servicios que considera las demandas y expectativas de los clientes y las traduce en características técnicas y operativas.

El objetivo de DFC es lograr una excelente calidad de diseño convirtiendo las necesidades del cliente en características o funciones de calidad adecuadas. El Análisis de Valor (VA) es otra metodología que se enfoca en evaluar todas las actividades involucradas en los procesos de producción. Su propósito es identificar qué actividades agregan valor y cuáles solo aumentan los costos. Esta evaluación se puede realizar mediante procesos de control estadístico (CEP) y análisis modal de efecto de falla (FMEA).

La evaluación del desempeño implica monitorear, medir, analizar y evaluar tanto los procesos como la opinión del cliente. El objetivo es implementar las acciones necesarias para lograr los resultados planificados y mejorar continuamente estos procesos. El diseño de experimentos puede contribuir a sintetizar resultados analizando cambios en el sistema y evaluando estadísticamente sus efectos sobre ciertas características de un proceso, sistema u organización. Además, el desempeño de una empresa está influenciado por la capacidad de su sistema, que incluye analizar, planificar, programar y controlar la capacidad productiva. Estas actividades se llevan a cabo junto con la programación y la planificación de materiales, y los problemas de programación lineal se utilizan comúnmente para este propósito. La mejora en el proceso de evaluación del desempeño implica tomar decisiones para mitigar las causas de las fallas en el sistema. Para ello se utilizan herramientas de ingeniería de calidad, tal como se recoge en la norma ISO 9001:2015, ya que ayudan a cuantificar las causas de la no calidad y formular estrategias para minimizarlas o eliminarlas.

El establecimiento y gestión exitosos de un sistema de gestión de calidad según la norma ISO 9001:2015 requiere la utilización de diversas herramientas y técnicas del campo de la ingeniería de calidad. Estas herramientas son esenciales para lograr una verdadera eficiencia y no solo cumplir con los requisitos de documentación de la norma. Como la ingeniería de calidad es

un campo en constante evolución, existe una amplia oportunidad para realizar más investigaciones y análisis sobre la aplicación de herramientas estadísticas en relación con la norma ISO 9001:2015.

Al realizar una revisión surgen varias interrogantes importantes respecto de las herramientas necesarias para la planificación y operación de los procesos involucrados en la producción o prestación de servicios. Estas herramientas incluyen diseño de experimentos, operaciones de investigación, metrología y análisis multivariado. Al emplear estas herramientas y aprovechar técnicas de ingeniería de calidad, la evaluación del desempeño del sistema de gestión se vuelve más precisa. Esto es particularmente crucial ya que la recopilación, el análisis y la evaluación de datos se llevan a cabo utilizando modelos y teorías aprobados y recomendados, lo que permite una toma de decisiones eficiente.

### **La gestión de calidad en los proyectos**

La gestión de proyectos es una disciplina que sigue cuerpos de conocimiento reconocidos internacionalmente para guiar a los gerentes de proyectos en el logro de los resultados deseados para todas las partes interesadas. Estos cuerpos de conocimiento incluyen la Guía PMBOK®, la Guía APM BOK, la Guía CRMP/APMBOK, la Norma ISO 21500, el Proyecto PRINCE 2 en Ambientes Controlados e ICB. Sin embargo, las organizaciones dedicadas a la gestión de proyectos también consideran los conocimientos y prácticas de gestión organizacional y de áreas de aplicación específicas de cada proyecto. Esto incluye centrarse en identificar y desarrollar oportunidades que se alineen con la estrategia organizacional, así como armonizar e implementar prácticas, herramientas y sistemas de gestión.

El nivel de gestión de proyectos es responsable de liderar los proyectos hacia resultados exitosos, siendo el "éxito" el objetivo final de los gerentes de proyectos y sus equipos. Por lo tanto, el éxito se mide por varios factores como la gestión de la calidad, el tiempo, los costos, los riesgos, los cambios, las relaciones, los recursos y la satisfacción de todas las partes interesadas.

La implantación de sistemas de gestión de la calidad según la familia de normas ISO 9000 tiene como objetivo conseguir la satisfacción de las partes interesadas. Esta es la razón por la que en la gestión de proyectos se utilizan a menudo modelos estandarizados de gestión de la calidad. Estos modelos, al integrarse con otras áreas de conocimiento y funciones, aseguran la ejecución de acciones que conduzcan a altos niveles de satisfacción a lo largo de todo el proyecto, desde su inicio hasta su finalización.

Al estudiar la gestión de la calidad en proyectos que utilizan el enfoque estandarizado ISO, es importante considerar el contexto más amplio de otras normas que guían la gestión de proyectos y los sistemas de gestión de la calidad. La calidad no debe tratarse como una función separada con alcance limitado dentro de los proyectos, sino que debe integrarse con otras funciones para lograr el resultado deseado. Así, el enfoque de gestión de la calidad se alinea estrechamente con los

requisitos establecidos en las normas ISO 9000:2015 e ISO 9001:2015, lo que ha llevado a actualizaciones en diversas regulaciones para asegurar la alineación con los conceptos, enfoques y cambios introducidos por estas normas. La metodología empleada para explorar este tema gira en torno a tres preguntas clave y sus correspondientes respuestas, aclaraciones y acciones.

Existen varias normas ISO que proporcionan directrices para diversos aspectos de la gestión de la calidad y la gestión de proyectos:

- Una de esas normas es la ISO 10006, que se centra en la gestión de la calidad específicamente en proyectos. Proporciona directrices detalladas sobre cómo gestionar eficazmente la calidad durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- ISO 10005 es otra norma que se centra en los sistemas de gestión de calidad, proporcionando específicamente directrices para planes de calidad. Este estándar ayuda a las organizaciones a desarrollar planes de calidad integrales que describen los pasos y procesos necesarios para lograr los objetivos de calidad deseados.
- Por otro lado, ISO 10007 se centra en la gestión de la configuración y proporciona directrices sobre cómo gestionar y controlar eficazmente los cambios en las configuraciones del proyecto. Este estándar garantiza que cualquier cambio realizado en las configuraciones del proyecto se documente, evalúe e implemente adecuadamente para mantener el nivel de calidad deseado.
- Por último, la norma ISO 21500 proporciona pautas para la gestión y dirección de proyectos. Cubre varios aspectos de la gestión de proyectos, incluido el inicio, la planificación, la ejecución, el seguimiento y el cierre del proyecto. Este estándar sirve como una guía integral para que las organizaciones gestionen proyectos de manera efectiva y garanticen resultados exitosos.

Desde 2012, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha adoptado un enfoque global para la gestión de proyectos. Esta iniciativa comenzó con el lanzamiento de la norma ISO 21500, que sirve como una guía integral para la gestión de proyectos. Esta norma incorpora otras regulaciones, como ISO 10005, 10006 y 10007, que se han actualizado con el tiempo para alinearse con la familia de normas ISO 9000. Las regulaciones trabajan juntas para establecer requisitos, principios y procesos de documentación que ayudan a las organizaciones a integrar varios enfoques de gestión para lograr resultados de desempeño excepcionales. Asimismo, estos estándares ofrecen beneficios comerciales a través de la certificación de sistemas de gestión de calidad.

La norma ISO 10006 juega un papel fundamental a la hora de guiar la gestión de calidad en los proyectos. Proporciona orientación sobre los procesos de calidad dentro de la gestión de proyectos y está destinado a ser utilizado junto con los requisitos ISO 9001:2015 para sistemas de

gestión de calidad y la orientación ISO 21500 sobre procesos de gestión de proyectos. En última instancia, la norma ISO 10006 sirve como un recurso valioso para desarrollar la calidad de la gestión de proyectos dentro de las organizaciones.

Entre los propósitos de la ISO 10006 se tiene:

- Para cumplir con los objetivos del proyecto, es necesario establecer e implementar un sistema integral de gestión de la calidad.
- Este sistema debe documentarse y mantenerse adecuadamente, y debe incluirse en el plan de calidad del proyecto, que describe las diversas actividades y recursos necesarios para lograr los objetivos del proyecto.
- Es importante incorporar el plan de calidad del proyecto en el plan general para la dirección del proyecto para garantizar una perfecta integración y alineación de los esfuerzos de gestión de la calidad a lo largo del proyecto.

Desde 2012, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha adoptado un enfoque global para la gestión de proyectos. Esto comenzó con el lanzamiento de la norma ISO 21500, que sirve como norma general que abarca otras regulaciones relacionadas. Estas regulaciones, como ISO 10005, 10006 y 10007, ayudan en el diseño y documentación de los requisitos de gestión de proyectos. Es importante señalar que estos estándares se actualizan periódicamente y se alinean con la familia de estándares ISO 9000. Esta estrecha relación garantiza la coherencia en la estructura, los requisitos y los principios, facilitando la integración de varios enfoques de gestión para un desempeño organizacional superior.

Los estándares brindan beneficios comerciales a través de la certificación de sistemas de gestión de calidad. Entre estas regulaciones, la norma ISO 10006 juega un papel fundamental a la hora de guiar la gestión de la calidad en los proyectos. Ofrece orientación sobre la calidad dentro de los procesos de gestión de proyectos y está destinado a ser utilizado junto con la norma ISO 9001:2015, que especifica los requisitos para los sistemas de gestión de calidad, y la ISO 21500, que proporciona orientación sobre los procesos de gestión de proyectos. En consecuencia, ISO 10006 es una norma de apoyo que proporciona una valiosa orientación para desarrollar la calidad de la gestión de proyectos.

La norma ISO 10006 proporciona orientación y requisitos para implementar un sistema de gestión de calidad con el fin de lograr los objetivos del proyecto. Esta norma establece explícitamente documentar un sistema de gestión de la calidad, y que debe incluirse en el plan de calidad del proyecto. El plan de calidad del proyecto debe describir las actividades y recursos necesarios para lograr con éxito los objetivos del proyecto. Además, el plan de calidad del proyecto debe integrarse en el plan de gestión del proyecto, asegurando que los procesos de gestión de la calidad estén alineados con las estrategias generales de gestión del proyecto.

Es importante reconocer que el sistema de gestión de la calidad de la "organización de origen" o de la "organización del proyecto" no es lo mismo que el sistema de gestión de la calidad del proyecto. Más bien, sirve como insumo para diseñar el plan de calidad del proyecto. Para diseñar el SGC del proyecto, la organización del proyecto debe implementar un proceso estratégico que alinee e implemente los requisitos, las prácticas de gestión y la información documentada del SGC tanto de la "organización original" como del proyecto. Este proceso también considera la información del proyecto proporcionada por el caso de negocio, enfocándose en las oportunidades identificadas que contribuyen a la estrategia organizacional.

El resultado de este proceso estratégico es el diseño de los 37 procesos del SGC y su implementación en actividades secuenciales, junto con los recursos y responsabilidades necesarios para los miembros y participantes del proyecto. También se incorporarán las herramientas, procedimientos y técnicas necesarias para el plan de calidad del proyecto, establecido por la norma ISO 10005. Este resultado apoya directamente al director del proyecto en sus esfuerzos de gestión, junto con otros medios como la estructura de desagregación del proyecto, la estimación de la duración de las actividades, la estimación de costos y la asignación de recursos.

### **Acciones para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad (SGC) en un proyecto**

Comprender la gestión de proyectos en la organización: ¿Se trata de comprobar qué estándares, herramientas o prácticas se utilizan en la gestión de proyectos? ¿Cómo se gestiona la calidad de los proyectos? La respuesta a estas preguntas le permitirá identificar la secuencia de pasos o actividades en la gestión de proyectos que pueden ser compatibles con los requisitos específicos de ISO 10006, así como otros requisitos que deben integrarse en la gestión de proyectos o adaptarse para garantizar su cumplimiento. Por tanto, tal análisis de la gestión de la calidad evita que ésta se convierta en una función adicional o forzada que poco contribuiría a conseguir los resultados esperados, ya que, como ya se ha explicado, esta función es inherente y coexiste con la gestión de la calidad. la calidad.

Lo segundo es entender el tratamiento de la gestión de la calidad según la norma ISO 21500:

- En la norma ISO 21500 se define "calidad" como uno de los temas, que se ubica entre los grupos de procesos de planificación, implementación y control. proyecto. Este tema implica desarrollar un "proceso estratégico de gestión de la calidad" a través de la planificación, el aseguramiento y el control de calidad.
- Es este proceso estratégico de gestión de la calidad el que es responsabilidad de la norma ISO 10006, cuyo resultado consiste en planificar, definir y mantener el SGC del proyecto, para garantizar la conformidad con los fundamentos y el vocabulario propuestos.

- Un proceso de planificación de la calidad con un resultado específico, el “plan de calidad del proyecto”, que define las herramientas, procedimientos, técnicas, recursos requeridos, actividades secuenciales y responsabilidades de los miembros y participantes del proyecto, y ofrece la consolidación de toda la información relacionada con la calidad del proyecto.

El proceso de gestión estratégica de la calidad ISO 10006 tiene un amplio alcance y juega un papel vital en todos los procesos de gestión de proyectos, incluido el inicio y el cierre. A diferencia de la norma ISO 21500, que sólo se centra en la planificación, implementación y control, la ISO 10006 reconoce la importancia de este proceso durante todo el ciclo de vida del proyecto. El éxito del proyecto está determinado en última instancia por la interacción efectiva entre procesos y funciones, lo que resulta en la satisfacción de todas las partes interesadas involucradas. Esta satisfacción se prioriza en un orden jerárquico, siendo los clientes el foco principal y otras partes interesadas teniendo requisitos específicos dependiendo del contexto único del proyecto.

El proceso de gestión estratégica de la calidad, actúa como facilitador para lograr el resultado deseado. Ofrece una gama de herramientas, técnicas y procedimientos para evaluar, interpretar y satisfacer las necesidades de los clientes y otras partes interesadas desde el inicio hasta el cierre del proyecto. Al hacerlo, promueve el aprendizaje y la mejora continua en la gestión de proyectos tanto para la organización que inicia el proyecto como para el proyecto mismo.

Es importante señalar que el establecimiento de las relaciones entre procesos reconoce que pueden ser necesarios procesos adicionales dependiendo de las características específicas de cada proyecto. Además, es posible que sea necesario repetir ciertos procesos para cumplir con los requisitos de todas las partes interesadas y lograr los objetivos del proyecto. Al diseñar el SGC del proyecto, se recomienda implementar los procesos de manera secuencial, identificando claramente qué acciones, herramientas o procedimientos contribuyen a la calidad de cada proceso de gestión de proyectos. Esta alineación de esfuerzos en la gestión es crucial para el éxito del proyecto.

El objetivo de esta acción es establecer las conexiones entre los procesos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del proyecto y la gestión del proyecto. Se trata de integrar los 37 procesos detallados en la norma ISO 10006 con los procesos detallados en la norma ISO 21500, que cubren todas las etapas del proyecto. Siguiendo la secuencia lógica de la gestión de proyectos según la norma ISO 21500, que incluye los procesos de inicio, planificación, implementación, control y cierre, se incorporan los procesos del SGC del proyecto en función de su relación e interdependencia con los procesos de gestión de proyectos.

La gestión de la calidad en el inicio de un proyecto también se centra en establecer especificaciones claras del mismo. Esto implica definir los entregables específicos, los plazos y los estándares de desempeño que deben cumplirse a lo largo del proyecto. Al establecer estas especificaciones por adelantado, la gestión de la calidad proporciona un marco para evaluar y monitorear el progreso y los resultados del proyecto. Esto permite la identificación y resolución

oportuna de cualquier desviación o problema, asegurando que el proyecto se mantenga encaminado y entregue el nivel de calidad deseado.

Asimismo, la gestión de la calidad en el inicio de un proyecto implica analizar los requisitos de las partes interesadas, implicando identificar e interactuar con todas las partes interesadas relevantes para comprender sus expectativas, necesidades e inquietudes. Al involucrar activamente a las partes interesadas en el proceso de inicio, la gestión de la calidad garantiza que sus perspectivas y requisitos se aborden adecuadamente, minimizando el riesgo de malentendidos o conflictos posteriores. Este enfoque colaborativo fomenta un sentido de propiedad y compromiso entre las partes interesadas, mejorando el éxito general del proyecto.

Una de las acciones clave emprendidas en la gestión de la calidad durante el proceso de inicio del proyecto es la identificación y definición de los objetivos del proyecto, lo que conlleva comprender a fondo los resultados y objetivos deseados del proyecto, así como los criterios específicos que definirán su éxito. Al definir claramente estos objetivos, la gestión de la calidad permite que el equipo del proyecto tenga una comprensión y un propósito compartidos, facilitando una planificación y ejecución efectivas durante todo el ciclo de vida del proyecto.

La gestión de la calidad juega un papel crucial en el proceso de inicio del proyecto al implementar una variedad de acciones y estrategias para garantizar la entrega de resultados de alta calidad. Estas acciones abarcan varios aspectos, incluida la identificación y definición de los objetivos del proyecto, el análisis de los requisitos de las partes interesadas y el establecimiento de especificaciones claras del proyecto.

Al examinar y delinear meticulosamente estos componentes fundamentales, la gestión de la calidad sienta las bases para un proyecto exitoso desde el principio. En general, la gestión de la calidad juega un papel vital en el proceso de inicio del proyecto mediante la implementación de diversas acciones y estrategias. Desde identificar y definir los objetivos del proyecto hasta analizar los requisitos de las partes interesadas y establecer especificaciones claras del proyecto, la gestión de la calidad prepara el escenario para un proyecto exitoso. Al incorporar estas acciones en el proceso de iniciación, las organizaciones pueden mejorar su capacidad para ofrecer resultados de alta calidad, mitigar riesgos y lograr el éxito del proyecto.

Para abordar eficazmente las necesidades y expectativas de los clientes y cumplir con los requisitos legales y reglamentarios impuestos por diversas partes interesadas, es imperativo comprender y analizar exhaustivamente la información presentada en el caso de negocio. Esto implica obtener una comprensión integral de los resultados deseados de los clientes, sus necesidades específicas y las expectativas que tienen sobre los productos o servicios que se ofrecen. Además, es crucial considerar y cumplir con las obligaciones legales y regulatorias impuestas por los órganos rectores, los estándares de la industria y otras partes interesadas que

puedan tener un interés personal en las operaciones de la organización. Al evaluar e incorporar diligentemente esta información, las empresas pueden asegurarse de alinear sus estrategias y operaciones con las expectativas y requisitos de sus clientes y otras partes relevantes, fomentando así la confianza, la satisfacción y el éxito a largo plazo.

Los procesos dentro del proceso de cierre del proyecto del SGC (Sistema de Gestión de Calidad) se centran principalmente en la utilización de diversas herramientas y métodos para evaluar y analizar las necesidades y expectativas del cliente y otras partes interesadas involucradas en el proyecto. Esta evaluación ayuda a determinar el grado de satisfacción que se ha logrado y permite identificar áreas de mejora en la gestión de proyectos tanto dentro de la organización original como en la organización específica del proyecto. En esencia, estos procesos de SGC tienen como objetivo medir, comprender y mejorar la calidad del producto o servicio asociado con el proyecto, beneficiando a todas las partes involucradas.

El propósito es identificar e incorporar la información documentada dentro del Sistema de Gestión de Calidad de la organización que puede utilizarse para gestionar los procesos del proyecto. Esto incluye políticas, objetivos, procedimientos, técnicas y lecciones aprendidas. Todos estos deben estar referenciados en el plan de calidad del proyecto. Para ayudar a identificar la información documentada necesaria para diseñar el SGC del proyecto, la norma ISO 10006 proporciona orientación. Recomienda consultar, revisar o actualizar la información de entrada y salida para garantizar que se considere toda la información relevante.

### **La calidad: aseguramiento**

La ingeniería de proyectos de plantas e instalaciones industriales es un campo especializado dentro de la ingeniería que implica la colaboración de diversas disciplinas. La complejidad y el avance de los procesos de producción en estas plantas, junto con el creciente énfasis en la seguridad y la protección del medio ambiente, han requerido el uso de capacidades tecnológicas modernas y metodologías CAD/CAE. Estas herramientas permiten a las empresas seguir siendo competitivas al reducir la duración de los proyectos, recortar costos y mejorar la calidad general de su trabajo. Para seguir siendo competitivos en el mercado local, los proveedores de servicios también deben competir con competidores multinacionales, lo que requiere la implementación de sistemas de garantía de calidad para garantizar que sus servicios y productos cumplan con estándares reconocidos internacionalmente.

En un proyecto de ingeniería complejo, el fallo de cualquier pieza individual puede tener un efecto dominó, provocando el fracaso de todo el proyecto. Este principio se aplica a todas las etapas del proyecto, incluido el diseño, la adquisición, la fabricación, la construcción y la gestión del proyecto. Cada aspecto del proyecto juega un papel crucial para garantizar su calidad general. Para lograr calidad en un proyecto, se deben considerar cuidadosamente todos los diferentes componentes, comenzando desde las especificaciones marcadas por el cliente, el proceso de

ingeniería, el diseño y fabricación de los equipos, los materiales utilizados y la ejecución de la construcción, todo ello respetando los lineamientos establecidos de ingeniería, gestión y programación.

Asimismo, la calidad de la operación también es importante para evitar daños a diversas partes y componentes del proyecto. A medida que los proyectos han ido creciendo en tamaño y complejidad, se han desarrollado herramientas para ayudar en su gestión. Una de las primeras herramientas fue la inspección, cuyo objetivo era garantizar que las piezas fabricadas cumplieran con las tolerancias dimensionales especificadas descritas en los planos. A medida que aumentó el uso de subcontratistas para diseñar y fabricar componentes, se hizo necesario crear herramientas de control para garantizar el montaje y la secuencia de producción adecuados.

Esto llevó a la popularidad de las herramientas de planificación de rutas críticas y los métodos de programación en las décadas de 1950 y 1960, particularmente a través de proyectos militares como los cohetes Polaris y los submarinos nucleares. La introducción comercial de reactores nucleares y el rápido crecimiento de la industria aeroespacial pusieron de relieve aún más la importancia de las herramientas de confiabilidad. Estas herramientas se desarrollaron para mejorar los diseños, duplicarlos, probarlos exhaustivamente o verificarlos exhaustivamente para evitar fallas costosas y potencialmente catastróficas causadas por la falla de un solo componente en un conjunto grande. Además, la introducción de computadoras digitales y métodos de análisis como el análisis de elementos finitos revolucionó las técnicas y métodos de diseño. Estos avances requirieron una coordinación rigurosa y planificada, especialmente debido al ahorro de tiempo y costos logrado a través de herramientas de diseño automatizadas.

Para manejar eficazmente varias responsabilidades esenciales durante la progresión de los proyectos, se introdujeron técnicas y conceptos adicionales, incluidos métodos de análisis financiero, principios del valor presente y gestión del flujo monetario. Así en las instalaciones y talleres de fabricación se han aplicado metodologías de control de calidad, enfoques estadísticos y, más recientemente, conceptos de calidad total y garantía de calidad. Este último concepto ahora se ha ampliado para abarcar el diseño, adquisición, construcción y gestión de proyectos, con el objetivo de garantizar los atributos de calidad deseados en el producto final.

La definición formal de garantía de calidad abarca todas las actividades necesarias para garantizar que el producto final funcionará satisfactoriamente una vez que esté en uso. Sin embargo, es importante definir el alcance del aseguramiento de la calidad en términos del proceso de diseño. Esto implica garantizar que la etapa de diseño se lleve a cabo de manera planificada y sistemática, lo que resultará en un nivel razonable de confianza en que el producto se fabricará de acuerdo con los requisitos de diseño y funcionará de manera satisfactoria, confiable y segura.

La definición reconoce que establecer un nivel suficiente de confianza en la calidad del diseño es esencial antes de lograr confianza en el producto final. En el pasado, se creía que la

implementación de un sistema formal de garantía de calidad pertenecía principalmente al ámbito de la fabricación y el montaje. Sin embargo, cada vez se comprende más que los controles realizados durante la etapa de fabricación no pueden compensar los errores de diseño. En el mejor de los casos, estos controles sólo pueden identificar fallas durante las pruebas y requieren acciones correctivas costosas en términos de tiempo y recursos. Si estos errores de diseño no se detectan, pueden provocar problemas operativos durante el servicio, lo que puede tener importantes implicaciones comerciales y poner en peligro la seguridad de las instalaciones.

Adicional a la presión por razones económicas y de prestigio para reducir los errores en la fase de diseño, existen otros factores que requieren un método más sistemático para realizar el control de calidad del diseño. Estos incluyen el uso cada vez más extendido de computadoras, paquetes de software para diversas aplicaciones, uso de herramientas CAD-CAE, sistemas electrónicos de difusión de información, etc.

Esto conduce a organizaciones complejas con numerosas interfaces y actividades internas y externas que van desde la fase de definición del proyecto hasta las pruebas y la puesta en servicio de los sistemas. Cualquier interfaz representa una fuente potencial de problemas de garantía de calidad, que pueden surgir ya sea por una falta de definición de las responsabilidades de los grupos o personas involucradas o por una falta de control sobre el flujo de información. Para un proyecto determinado, es importante definir claramente las responsabilidades de las diferentes disciplinas y grupos involucrados. No definir responsabilidades o controlar adecuadamente la información en las interfaces tiene un impacto aún más grave en la calidad del producto final.

El impacto de las computadoras digitales en los entornos de diseño de ingeniería ha tenido un efecto profundo y su avance continuo plantea un desafío en términos de mantenerse actualizado. Sin embargo, los beneficios que ofrecen, tanto actualmente como en el futuro, son inmensos. De hecho, las computadoras nos han permitido realizar cálculos y análisis que antes eran inimaginables sin su ayuda. Además, han revolucionado el almacenamiento y la recuperación de grandes cantidades de información y datos, haciéndolos fácilmente disponibles para su uso en la toma de decisiones de diseño. Esto contrasta marcadamente con el pasado, cuando esas decisiones a menudo se tomaban basándose en información limitada y mediante prueba y error.

Si bien, es importante reconocer que también existen peligros potenciales asociados con el uso de la computadora. Estos peligros sólo pueden mitigarse mediante la implementación de una metodología disciplinada que se adhiera a los principios de garantía de calidad. Las áreas problemáticas específicas que pueden surgir varían según la aplicación de las computadoras. En este contexto, nos centraremos en tres áreas clave: resolución de problemas, sistemas de información e ingeniería y diseño informático utilizando tecnologías CAD y CAE. Cada uno de estos dominios presenta sus propios desafíos y consideraciones únicas, que requieren una atención cuidadosa para garantizar el más alto nivel de eficiencia y eficacia en la utilización de la tecnología informática.

Antes de utilizar un programa informático para cualquier tipo de cálculo, es necesario someterse a una serie de procedimientos para garantizar su validación y confirmar la exactitud de su versión. Estos procedimientos pueden variar dependiendo de si el programa se obtiene interna o externamente, lo que requiere la implementación de controles y protocolos adecuados. Además, al utilizar el programa, es imperativo garantizar la coherencia y validez de los datos de entrada, llegando incluso a que otra persona los verifique.

En situaciones particularmente críticas, puede ser necesario ejecutar el programa utilizando dos programas informáticos separados que se basan en métodos analíticos distintos. Claramente, los resultados obtenidos de estos cálculos deben verificarse mediante comparación con resultados similares e incluso pueden requerir evaluación por parte de un experto en el dominio específico de aplicación.

En este campo en particular, la máxima prioridad reside en poseer una base de datos adecuada que permita la recuperación y manipulación de información sin esfuerzo, manteniendo al mismo tiempo un sistema de seguridad que asigne permisos de acceso en función de áreas y niveles de responsabilidad específicos. Además, es imperativo incorporar filtros amplios para autenticar los datos de entrada de manera efectiva. Por lo tanto, nunca se insistirá lo suficiente en lo crucial que es establecer protocolos para crear copias de seguridad electrónicas redundantes con frecuencias adecuadas adaptadas a las circunstancias individuales. Esta medida de precaución es indispensable para evitar cualquier posible pérdida o daño a los datos o información indispensable para el diseño general.

### ***El diseño por computadora***

Entre los programas más completos para el diseño tridimensional de instalaciones industriales se encuentran paquetes como PDMS, PASCE, 3-DM y CATIA. La utilización de estas herramientas para el diseño ha demostrado ser muy eficaz y eficiente. El primer tipo de programa incluye aquellos que generan diagramas de flujo, diagramas de tuberías e instrumentación, diagramas de control, diagramas de diversos equipos de proceso, dibujos de cimientos, dibujos de estructuras metálicas, dibujos de distribución de cables eléctricos y varios otros dibujos bidimensionales.

Recientemente han surgido programas de diseño asistido por ordenador que permiten la creación de modelos a escala tridimensional de equipos, componentes, estructuras e instalaciones completas. Algunos de estos programas, categorizados como preprocesadores, no sólo proporcionan una representación realista del equipo o componente sino que también generan la malla de elementos finitos (FE) necesaria para el análisis.

Por otro lado, los postprocesadores permiten la superposición de información de los resultados sobre el modelo o malla FE, dando como resultado una representación gráfica en color

en la pantalla de una terminal de computadora o en papel. Desde la década de 1970, ha habido un aumento en la disponibilidad de diversos programas y sistemas que tienen como objetivo automatizar tareas de gráficos, dibujo y diseño. Estos programas son de diferentes tipos, incluyendo 2D con o sin base de datos 3D, gráficos únicamente 3D, gráficos con base de datos (denominados "inteligentes") y 3D "inteligente" con interfaces para análisis de ingeniería (CAE) y posprocesamiento.

Entre las ventajas de estas herramientas se pueden citar:

- A diferencia de los métodos tradicionales que a menudo implican distorsiones de escala o representaciones aproximadas, todos los componentes se representan con precisión en sus dimensiones reales, minimizando así cualquier posible confusión.
- Se adquiere la representación distintiva de una planta, lo que garantiza que siga siendo accesible a todas las disciplinas en todo momento, ofreciendo los beneficios de uniformidad, precisión y simplicidad en la comprensión.
- Uno de los beneficios de utilizar la verificación de interferencias durante el proceso de diseño es que mejora la calidad general del diseño. Esto se debe a que la verificación de interferencias se puede realizar en múltiples niveles, desde inspecciones visuales hasta procedimientos totalmente automatizados. Como resultado, los diseñadores pueden identificar y rectificar cualquier problema o conflicto potencial que pueda surgir durante la fase de diseño. Al implementar la verificación de interferencias en diferentes etapas del proceso de diseño, los diseñadores pueden garantizar que el producto final cumpla con los más altos estándares de calidad y funcionalidad.
- Un beneficio del sistema DTI es que permite la transferencia automática de información entre los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI) y el modelo tridimensional (3D). Esta característica mejora enormemente la coherencia de los datos al garantizar que la información tanto en el DTI como en el modelo 3D esté siempre actualizada y se refleje con precisión entre sí. Esto elimina la necesidad de ingresar datos manualmente y reduce el riesgo de inconsistencias o errores que pueden surgir de la entrada humana. Al integrar perfectamente el modelo DTI y 3D, esta transferencia automatizada de información agiliza el proceso de diseño y mejora la eficiencia general en la gestión de proyectos.
- Una de las ventajas del modelo es que permite extraer varios tipos de informes gráficos o alfanuméricos. Estos informes pueden derivarse de cualquiera de los componentes del modelo, ya sean elementos individuales o el modelo completo. Esta flexibilidad hace que sea más conveniente para los constructores generar los informes necesarios y ayuda a optimizar sus tareas.

- La base de datos del modelo tiene la capacidad de transferir información electrónicamente a varios programas de aplicación, como análisis estructural o flexibilidad de tuberías. Esta característica avanzada no sólo ahorra una cantidad significativa de tiempo sino que también mejora la calidad general del proceso.
- El avance del diseño es muy visible y puede ser evaluado por personas tanto dentro como fuera del proyecto. Esto se puede lograr mediante la visualización estratégica de secciones específicas, áreas de especialización o elementos directamente en las pantallas de computadora utilizadas para el trabajo.
- El modelo no sólo es aplicable para fines de diseño, sino que también puede utilizarse para planificar actividades de construcción. Específicamente, ha habido avances en el desarrollo de simuladores de construcción, que son herramientas de última generación que se basan en archivos de diseño tridimensionales creados con el paquete 3-DM. Estos simuladores permiten simular el proceso constructivo y su logística, así como comparar diferentes alternativas. Con la ayuda de estos simuladores, es posible modelar, visualizar e incorporar equipos de construcción como grúas y plumas en la simulación. Esta incorporación de equipos mejora en gran medida la precisión en la predicción de problemas potenciales y la estimación del costo total de la construcción.

El avance de las técnicas asistidas por computadora utilizadas en el control de calidad ha hecho posible completar proyectos extremadamente grandes e complejos en menos tiempo y con mayores niveles de calidad y precisión. Existe una tendencia creciente hacia la integración de procesos y áreas que aún no han sido incluidas en las herramientas existentes. Con base en esta tendencia, se espera que en el futuro cercano los proyectos puedan ejecutar automáticamente ciclos de diseño y revisión para garantizar el cumplimiento de las regulaciones y requisitos del proyecto, lo que conducirá a la optimización de costos, mayor seguridad, facilidad de construcción y reducción de desechos. No obstante, es importante no pasar por alto los riesgos potenciales de hacer un mal uso o no utilizar plenamente estas herramientas, ya que ni siquiera los programas más avanzados pueden reemplazar la importancia del sentido común y la experiencia del personal capacitado, al menos en el futuro previsible.

### ***El programa para el aseguramiento de la calidad***

Las principales actividades para implementar el sistema de calidad de un proyecto, y en este caso de proyectos de plantas industriales, incluyen:

- Para mejorar el programa de garantía de calidad, es fundamental revisar minuciosamente el manual e identificar áreas específicas que necesitan mejoras. Además, es esencial garantizar que estas mejoras se alineen con los requisitos del contrato y cumplan con los estándares especificados.

- Para garantizar que el plan de calidad del proyecto se alinee con las secciones relevantes del contrato, el alcance del trabajo y el manual de garantía de calidad, es esencial revisar y analizar exhaustivamente su contenido. Esto implica examinar cuidadosamente el plan para confirmar que hace referencia con precisión e implementa los procedimientos necesarios. Al realizar esta evaluación, se pueden identificar y abordar cualquier discrepancia o deficiencia, promoviendo así un mayor nivel de calidad y cumplimiento de los estándares en todo el proyecto.
- Revisar los procedimientos implementados es crucial para garantizar que proporcionen efectivamente la dirección y orientación necesarias para cumplir con los requisitos del programa de garantía de calidad. Este paso implica evaluar y examinar minuciosamente los procedimientos para garantizar que estén alineados con las metas y objetivos del programa. Al realizar esta revisión, cualquier posible brecha o deficiencia en los procedimientos se puede identificar y abordar con prontitud, asegurando que el programa de garantía de calidad funcione sin problemas y de manera eficiente.
- Monitorear y evaluar continuamente las actividades en curso para verificar que se estén ejecutando cumpliendo con los procedimientos establecidos.

Para asegurar que se cumplan las obligaciones contractuales de un proyecto y garantizar la calidad de los servicios de ingeniería, se elabora un plan de mejora integral para cada proyecto como parte del sistema de mejora del proyecto para las actividades de ingeniería y diseño. Este plan sirve como un mecanismo eficaz para alinear las actividades del proyecto con las expectativas del cliente y los compromisos contractuales establecidos en el contrato. Al documentar el plan de mejora, el equipo del proyecto puede monitorear y rastrear consistentemente el progreso hacia el cumplimiento de estos compromisos, asegurando así la entrega de servicios de ingeniería de alta calidad.

El plan de calidad del proyecto consta de varios componentes, entre ellos el manual de calidad del proyecto, que incluye procedimientos de coordinación, trabajo en las especialidades, compromisos contractuales con el cliente y asegurar la calidad de estos compromisos a través de auditorías internas. Cada uno de estos documentos se desarrolla e implementa en función de los requisitos específicos descritos en el contrato.

El proceso de realización de auditorías internas tiene como objetivo garantizar que se cumplan todas las obligaciones contractuales. Esto implica programar auditorías con antelación, involucrando a personal experimentado que posee las calificaciones necesarias y no está directamente involucrado en el proyecto. Además, implica personalizar las listas de verificación generales para adaptarlas a los requisitos específicos del proyecto.

Se han emprendido varias acciones inmediatas para implementar este sistema de garantía de calidad, incluidas algunas que actualmente se están automatizando:

- Diseño conceptual al principio del proceso.
- Creación y guardado de una base de datos única para cada proyecto.
- Cambiar la secuencia de las etapas de diseño.
- Diseño paralelo mediante redes.
- Construcción de un modelo tridimensional de la geometría externa de los nodos más importantes.
- Intercambio electrónico de información relevante para evitar errores de transmisión.
- Visualización electrónica del diseño para referencia mediante superposición selectiva de especialidades.
- Formación de información gráfica volumétrica selectiva en forma generalmente aceptada o especial para familiarización, referencia o documentación.
- Integración de procesos de cálculo con datos de la base de datos única de cada proyecto.
- Usar filtros y verificar automáticamente el rendimiento o la interferencia.
- Generación selectiva de informes de componentes instalados en el modelo por grupos o calidades para su verificación y demostración.

## Capítulo 2

### Marco Normativo

El nivel de avance tecnológico y progreso de un país a menudo se refleja en los estándares que cumple. Estas normas desempeñan un papel crucial en la competitividad de las industrias y empresas de servicios, ya que garantizan uniformidad e infunden confianza en la calidad de sus productos y servicios. En el pasado, la etiqueta "Made in Britain" gozaba de gran prestigio en todo el mundo y servía como garantía de calidad y rendimiento excepcionales. Sin embargo, debido a la intensa competencia de las últimas décadas, su dominio global ha disminuido.

Por otro lado, Japón ha seguido persiguiendo el éxito económico estableciendo estándares de calidad cada vez más altos. Al innovar constantemente y priorizar la confiabilidad y el rendimiento, Japón se ha convertido en el mayor exportador de productos manufacturados a nivel mundial. En el ámbito del aseguramiento de la calidad, gestionarlo basándose únicamente en normas, códigos o estándares locales es prácticamente imposible. Por lo tanto, se han adoptado estándares reconocidos internacionalmente para abarcar los aspectos esenciales del aseguramiento de la calidad.

En la actualidad, la norma ISO-9000, también conocida como Organización Internacional de Normalización, está siendo adoptada ampliamente por la mayoría de los países. En México se han desarrollado las Normas Oficiales Mexicanas para Sistemas de Calidad, denominadas serie "NM", para alinearse con las normas ISO-9000. Esencialmente, estos estándares NM son traducciones de los requisitos ISO-9000.

En el campo de los servicios de ingeniería de proyectos para la industria petrolera, particularmente en relación con proyectos llave en mano adjudicados a través de licitaciones internacionales, el cumplimiento de los estándares de calidad ISO-9000 es imperativo. En consecuencia, desde 1993, las actividades de ingeniería de proyectos del IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) se han enfocado en establecer un sistema integral de aseguramiento de la calidad que se alinee con la normatividad ISO-9000.

Este esfuerzo se llevó a cabo bajo la dirección de la alta dirección e implicó la creación de un Comité de Garantía de Calidad de Ingeniería de Proyectos de Planta. Este comité jugó un papel fundamental en el rápido desarrollo del sistema de garantía de calidad para los servicios de ingeniería de proyectos del IMP, que consta de un manual de calidad, procedimientos de coordinación y procedimientos de trabajo. Al implementar este sistema de aseguramiento de calidad basado en las normas ISO-9000, el IMP ha podido aplicarlo efectivamente a las actividades de ingeniería de diversos proyectos. Esto se logra mediante la preparación de planes de calidad integrales, que sirven como base para garantizar que las obligaciones contractuales establecidas

para las actividades de ingeniería del proyecto se cumplan con el nivel deseado de calidad esperado por el cliente.

## **Las auditorías de calidad**

Según el vocabulario estándar ISO 9000, la auditoría de calidad se describe como un proceso sistemático, independiente y documentado. Su propósito es reunir evidencia, como registros o declaraciones de hechos, para evaluarlas objetivamente. El objetivo es determinar en qué medida se cumplen los criterios de auditoría, que son un conjunto de políticas, procedimientos o requisitos. Este examen metódico garantiza que las actividades y resultados relacionados con la calidad cumplan con las disposiciones establecidas y se implementen de manera efectiva. También verifica su adecuación en la consecución de los objetivos propuestos.

Las auditorías de calidad desempeñan un papel importante en respuesta a la creciente importancia de la certificación en los últimos años. Para abordar esto, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado normas, como la ISO 19011, que proporciona directrices para realizar auditorías de sistemas de gestión y/o de calidad. Además, ISO 9001 requiere que las organizaciones realicen auditorías internas de sus sistemas de gestión de calidad.

Una de las formas más comunes de categorizar las auditorías es distinguiendo entre auditorías internas y externas. Una auditoría interna o de primera parte es realizada por miembros de la propia organización o por personas que representan a la organización, y sirve para propósitos internos tales como proporcionar información para la toma de decisiones de la gerencia y facilitar acciones correctivas o preventivas. Por otro lado, los clientes de la organización u otras personas que actúan en su nombre llevan a cabo una auditoría externa o de segunda parte, generalmente como parte de un acuerdo contractual. Estas auditorías tienen como objetivo infundir confianza en la organización como proveedor confiable. Por último, las autoridades certificadoras realizan una auditoría externa o de terceros para evaluar los sistemas y procesos de gestión de calidad de la organización con el fin de otorgar la certificación. Estas auditorías son cruciales para generar confianza con los clientes potenciales.

Durante una auditoría se identifican no conformidades, que se refieren a discrepancias entre lo requerido por la Norma de Referencia y definido en la Calidad y documentos anexos, o entre estos requisitos y los procedimientos operativos reales. Es fundamental comprender que las auditorías no deben utilizarse únicamente para encontrar errores o culpar a personas o departamentos, sino más bien para investigar y abordar problemas. Cuando se utilizan de forma eficaz, no hay que temer a las auditorías, ya que sirven como el mejor medio para verificar que la empresa está realizando su trabajo según lo establecido.

Es importante señalar que una auditoría no debe equipararse a una inspección o supervisión, que se llevan a cabo únicamente con el propósito de controlar un proceso o verificar la conformidad de un producto. En cambio, las auditorías tienen el objetivo específico de evaluar la necesidad de mejoras. Al detectar deficiencias, las auditorías nos permiten corregir y adaptar el sistema de calidad, llevándonos en definitiva hacia la mejora continua dentro de nuestra empresa. Esto es lo que distingue a las auditorías, ya que implican identificar fallas en la efectividad de las acciones de la empresa para lograr los objetivos de calidad.

Por lo tanto, las auditorías nos proporcionan información valiosa sobre hasta qué punto se cumplen los requisitos definidos. Nos permiten detectar áreas que pueden estar fallando en determinados puntos del proceso. La función de auditoría interna juega un papel crucial para ayudar a los miembros de la organización a cumplir eficazmente con sus responsabilidades.

Además, las auditorías internas sirven como una herramienta de autoevaluación que infunde confianza en los clientes de la organización. Cuando los clientes saben que la organización realiza auditorías internas periódicamente, pueden confiar en que sus procesos y productos/servicios cumplirán con los estándares de calidad requeridos. Esta herramienta de autoevaluación actúa como garantía para los clientes de que la organización está comprometida a entregar resultados de alta calidad.

En primer lugar, se llevan a cabo para garantizar que el sistema de calidad se implemente y cumpla continuamente con los requisitos especificados. Esto ayuda a mantener los estándares de la organización y garantiza que la calidad de sus procesos y productos/servicios se cumpla consistentemente.

En segundo lugar, se realizan auditorías internas para evaluar la eficacia y eficiencia del sistema en la consecución de los objetivos de calidad establecidos. Al evaluar el desempeño del sistema de calidad, las organizaciones pueden identificar áreas de mejora y realizar los ajustes necesarios para mejorar su eficiencia y eficacia generales.

Las auditorías internas facilitan la inscripción de una organización en un registro del sistema de calidad que cumple con los estándares internacionales. Este registro no sólo mejora la reputación de la organización sino que también demuestra su compromiso de mantener y mejorar la calidad de sus operaciones.

Por último, la realización de auditorías internas es crucial para que las organizaciones cumplan con los requisitos de los contratos internacionales. Al cumplir con estos requisitos en sus relaciones con los clientes, las organizaciones pueden asegurarse de cumplir con sus obligaciones contractuales y mantener una reputación positiva en el mercado global. Las auditorías internas son esenciales para cualquier organización por varias razones.

Vale la pena señalar que las auditorías internas no son visitas sorpresa. Cada área o actividad que se va a auditar se notifica con antelación, estableciéndose claramente la fecha y el

alcance de la auditoría. La frecuencia de estas auditorías depende de la naturaleza de las actividades y de su nivel de importancia. En relación con las auditorías internas, que se realizan según los procedimientos de la empresa, ya sea por personal interno cualificado o por una entidad externa, la norma UNE EN-ISO 9001 de Sistemas de Gestión de la Calidad establece que las organizaciones deben implementar estas auditorías en intervalos planificados.

El propósito de estas auditorías es determinar si el sistema de gestión de la calidad está en línea con las disposiciones planificadas, los requisitos de la norma y los requisitos del sistema establecidos por la organización. Además, las auditorías tienen como objetivo evaluar si el sistema se ha implementado y mantenido de manera efectiva. Por tanto, las empresas que implementan un sistema de calidad ISO 9000 están obligadas a realizar auditorías de calidad internas. Estas auditorías deben ser continuas, sistemáticas, planificadas y programadas. Son realizadas por auditores internos que han recibido la formación adecuada y deben respetar el principio de independencia.

Es importante que los auditores no auditen su propio trabajo porque las personas que participan constantemente en una tarea pueden pasar por alto ciertos aspectos que nunca antes habían considerado. Por el contrario, un tercero podría estar en mejores condiciones de detectar estos descuidos. Además, la participación personal en la tarea puede impedir que los auditores proporcionen una evaluación objetiva.

Durante una auditoría, es necesario verificar varios conceptos para garantizar la precisión y eficacia de los procedimientos. Estos incluyen examinar si los procedimientos se están implementando correctamente y son adecuados para la función específica para la que están destinados. Otro aspecto importante es garantizar que el personal responsable de llevar a cabo estos procedimientos esté adecuadamente capacitado y tenga conocimientos sobre los mismos. Además, es crucial verificar si las acciones tomadas se alinean con lo documentado originalmente, asegurando coherencia y cumplimiento durante todo el proceso.

De forma similar las auditorías de rutina que se llevan a cabo de acuerdo con el programa aprobado por la gerencia, se pueden realizar otras auditorías debido a cambios dentro de la organización, deficiencias identificadas o quejas de los clientes, entre otros motivos. Para asegurar un reconocimiento colectivo de la situación y la aceptación de las medidas correctivas necesarias, el informe de auditoría es revisado y acordado por la persona responsable y su equipo dentro del área auditada. Es deber de la dirección responsable del área auditada garantizar que se tomen con prontitud las acciones adecuadas para abordar cualquier problema de incumplimiento que pueda haber sido identificado durante la auditoría, así como las causas subyacentes.

Es importante señalar que las actividades de seguimiento deben abarcar la verificación de las acciones tomadas y la presentación de informes sobre los resultados de dicha verificación. Las auditorías internas brindan una oportunidad para que personas clave dentro de la empresa, como

el director general, el director de producción y los directores de departamento, entablen conversaciones con sus colegas sobre el estado de la gestión de la calidad en un momento específico. Cada individuo es capaz de evaluar la situación dentro de su área de especialización y asegurarse de que se alinee con las pautas establecidas.

Además, estas auditorías permiten adaptar todo el sistema de gestión a las necesidades reales para alcanzar los objetivos predeterminados. Al finalizar la auditoría interna, es imperativo documentar las medidas correctivas implementadas. Adicionalmente, cabe señalar que estas medidas están dirigidas a la alta dirección con fines de evaluación, así como para la implementación de acciones correctivas adicionales. Estas medidas son fundamentales para las revisiones y evaluaciones periódicas que debe realizar la dirección de la empresa. Las auditorías internas, junto con las actividades de seguimiento que las acompañan, sirven como registros de calidad vitales. Por lo tanto, es necesario establecer quién es el responsable de archivar y preservar estos registros.

### **Metodología que ayudan en la consecución de la calidad**

Las empresas consultoras de ingeniería viven actualmente un proceso continuo de mejora y evolución a la hora de utilizar estándares internacionales para mejorar la calidad y confiabilidad de sus proyectos. Se ha identificado que estas empresas requieren de una metodología para asegurar la calidad de sus productos de ingeniería. Además, es necesario establecer un marco integral que describa los requisitos necesarios para sus especialistas, incluidas descripciones de puestos, objetivos, responsabilidades y más.

Estas empresas de consultoría de ingeniería deben implementar una metodología que les permita gestionar eficazmente su sistema de gestión de calidad, y que sirva como guía de referencia para alcanzar los objetivos de la empresa en términos de gestión del tiempo, control de costes, toma de decisiones y cumplimiento de las normas de calidad durante todo el ciclo de vida del proyecto. En consecuencia, se ha desarrollado una metodología para abordar estas necesidades y ofrecer un enfoque integral de la gestión de la calidad, abarcando todos los procesos esenciales. También se enfoca en mejorar la comunicación y resaltar aspectos clave de la ejecución del proyecto para agregar valor a la organización de manera confiable y válida. La metodología incluye un proceso detallado paso a paso para implementar un sistema de gestión de calidad específicamente diseñado para las necesidades de las empresas de consultoría de ingeniería.

Desarrollar el alcance de un proyecto implica una serie de pasos y acciones que son esenciales para garantizar que el proyecto abarque todos los elementos necesarios para su finalización exitosa. El objetivo principal de la gestión del alcance del proyecto es establecer límites y controles claros que determinen lo que se incluye y se excluye del proyecto. Siguiendo este enfoque sistemático, las empresas consultoras pueden garantizar el aseguramiento de la calidad de sus proyectos y de los productos que desarrollan. Además, proporciona un marco

integral para la alta dirección y los especialistas involucrados en el proyecto, permitiéndoles tener una comprensión clara del trabajo y sus directrices. Este marco de referencia sirve como base para todas las actividades del proyecto y se actualiza periódicamente dentro del sistema de gestión de calidad de la organización, asegurando que toda la información relevante sea contabilizada e incorporada al alcance del proyecto.

Entre los beneficios se pueden contar:

- Garantizar la excelencia de los proyectos y productos de ingeniería se logra mediante la implementación de mecanismos de revisión descritos en el sistema de gestión de calidad.
- Adaptación de los procesos de trabajo a los estándares de calidad y directrices de calidad contenidos en el sistema de gestión de calidad establecido para los proyectos.
- Si las empresas adoptaran e implementaran una certificación ISO en el futuro, facilitaría enormemente su capacidad para adquirir otras certificaciones notables, como la certificación del Project Management Institute (PMI). Con la certificación ISO como marco fundamental para la gestión de la calidad, las empresas ya poseerían una base sólida y una comprensión de los requisitos y procesos necesarios para obtener certificaciones adicionales. Por lo tanto, la certificación ISO esencialmente allanaría el camino para un camino más fluido y ágil hacia la obtención de certificaciones como PMI, mejorando en última instancia la credibilidad y la competitividad de la empresa en la industria.
- Las empresas de consultoría de ingeniería, como cualquier otra empresa de esta industria, pasan por una fase de transición conocida como etapa de Primeros Pasos, que normalmente dura unos cinco años. Una vez que esta etapa se completa con éxito, estas empresas ingresan a la etapa de crecimiento, donde se enfocan en mejorar sus procesos y utilizar el progreso logrado durante la fase inicial como base para la mejora continua. Esta etapa de crecimiento no sólo atañe al desarrollo de las operaciones de la empresa sino que también abarca el crecimiento profesional y personal de todo el equipo.

La implementación de una propuesta será realizada por los ingenieros de proyecto del departamento de proyectos de las empresas consultoras de ingeniería. Su función será coordinar todos los esfuerzos necesarios para asegurar la ejecución exitosa de todas las actividades descritas en la propuesta.

El proceso de creación y evaluación de proyectos implica una variedad de métodos y recursos que permiten la exploración y el cumplimiento de ideas y requisitos que surgen periódicamente en diversas industrias o campos. Para establecer una metodología confiable para garantizar la calidad del proyecto dentro de las empresas de consultoría de ingeniería, los empleados del departamento de proyectos han delineado un enfoque de diez pasos.

Las nueve fases se dividen a su vez en actividades. Comienza con la aprobación para la implementación, asumiendo que se han cumplido toda la información y los requisitos necesarios. Si se cumple esta condición, se puede iniciar el primer paso de la metodología, encaminado a garantizar la calidad. De igual forma, si se cumplen todos los requisitos para el primer paso, se podrán llevar a cabo las subactividades propuestas. Sin embargo, si no se cumplen las condiciones descritas para el paso inicial, se debe reevaluar la información y los requisitos establecidos, ya que no hay apoyo suficiente para continuar con las subactividades.

Es importante señalar que este proceso se realiza de forma secuencial, desde el paso uno hasta el paso nueve de la propuesta. Una vez completados los nueve pasos, junto con sus respectivas subactividades, la información generada debe cargarse al sistema de gestión de calidad de la organización para el proyecto que se está desarrollando, concluyendo así el procedimiento detallado en el diagrama de flujo. Los diagramas de flujo, o diagramas de flujo, son herramientas muy valiosas y prácticas para la gestión de proyectos. Proporcionan una representación gráfica de tareas, movimientos y recursos, siguiendo una secuencia lógica. Esto permite una visualización rápida de los requisitos o actividades que preceden y siguen a otros en el proceso, así como la relación lógica entre ellos:

1. La capacitación y educación del personal se refiere al proceso sistemático de impartir conocimientos esenciales a los empleados sobre la historia de la empresa, los proyectos en curso y la información necesaria para que puedan desempeñar eficazmente sus responsabilidades laborales. Este proceso abarca una serie de aspectos que son vitales para que los empleados realicen sus actividades de manera eficiente y cumplan con los estándares esperados:
  - a) Durante el proceso de inducción del personal, los nuevos empleados reciben una descripción general completa de las operaciones y la estructura de la organización. Esto se hace para garantizar una integración fluida en la empresa y crear un ambiente de trabajo positivo y productivo que respalde estrategias de trabajo efectivas.
  - b) La etapa de evaluación y seguimiento tiene como objetivo asegurar el adecuado avance del proceso de inducción, retroalimentar el programa y realizar los ajustes necesarios. Durante esta fase se evalúan los resultados alcanzados mediante la implementación de técnicas de evaluación tanto de inducción como de capacitación. Posteriormente se toman las acciones correctivas aplicables con base en los resultados de la evaluación.
  - c) El proceso de enseñanza se implementará siguiendo un conjunto específico de pasos para garantizar un aprendizaje efectivo:
    - En primer lugar, se realizará una investigación inicial y preparación del trabajador para comprender sus conocimientos y habilidades actuales.

- Luego, se demostrarán las tareas que el trabajador debe realizar para proporcionar una comprensión clara de las expectativas.
  - A continuación, se realizará un ensayo de la ejecución de las operaciones para que el trabajador practique y perfeccione sus habilidades.
  - Tras la formación se realizará un seguimiento y comprobación para valorar si se han conseguido los objetivos de la formación.
  - Finalmente, durante todo el proceso de enseñanza, se fomentará la participación y el compromiso activos para mejorar la experiencia de aprendizaje.
2. La preparación del plan de calidad es un paso crucial en cualquier proyecto ya que proporciona una hoja de ruta integral para alcanzar el nivel de calidad deseado. Al alinear los objetivos de cada actividad con la política de calidad de la organización y los estándares de calidad descritos en el sistema de gestión de calidad, el equipo del proyecto puede garantizar que todos los entregables cumplan con los estándares de calidad requeridos. La preparación del plan de calidad es un paso esencial en cualquier proyecto ya que sirve como una guía integral que describe los objetivos de todas las actividades a realizar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Este documento técnico está diseñado específicamente para alinear estos objetivos con la política de calidad de la organización y los estándares de calidad descritos en el sistema de gestión de calidad. En primer lugar, el plan de calidad tiene en cuenta la política de calidad de la organización, que sirve como marco para garantizar que todas las actividades estén alineadas con los objetivos generales de la organización. Esta política proporciona una dirección clara para el equipo del proyecto y enfatiza la importancia de mantener estándares de alta calidad durante todo el proyecto. El plan de calidad incorpora los estándares de calidad descritos en el sistema de gestión de calidad de la organización; que sirven como un conjunto de pautas y mejores prácticas que deben seguirse para garantizar que el proyecto cumpla con el nivel de calidad deseado. Al adherirse a estos estándares, el equipo del proyecto puede monitorear y controlar efectivamente la calidad de los entregables durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- a) El plan de calidad establece objetivos específicos para cada actividad dentro del proyecto. Estos objetivos se derivan de la política de calidad de la organización y de los estándares de calidad descritos en el sistema de gestión de la calidad. Al establecer objetivos claros, el equipo del proyecto puede garantizar que cada actividad se lleve a cabo de una manera que se alinee con el nivel de calidad deseado. Para brindar una comprensión más detallada, profundicemos en los diversos componentes de este paso inicial de la propuesta metodológica. Cada actividad dentro de este proceso estructurado se describirá ahora con más profundidad:

- Cuando una organización ha tomado la decisión de crear un plan de calidad, el primer paso es establecer los objetivos del plan. Para hacer esto, la organización debe considerar una serie de requisitos e identificar los insumos necesarios para la preparación del plan de calidad.
- El caso específico requiere que se cumplan ciertas condiciones.
- El plan de calidad debe cumplir varios requisitos, que abarcan demandas de los clientes, obligaciones legales, estándares regulatorios, pautas administrativas y especificaciones anticipadas de la industria.
- Las expectativas y especificaciones del sistema de gestión de la calidad que debe cumplir la organización.
- La evaluación de peligros y peligros potenciales relacionados con el caso particular.
- Los criterios y accesibilidad de los recursos.
- Información sobre las necesidades de quienes intervienen en la realización de las actividades incluidas en el plan de calidad.
- Información sobre las necesidades de otros interesados que utilizarán el plan de calidad.
- Otros planes de calidad relevantes.
- Es fundamental considerar otros planes relevantes que puedan ser aplicables, incluidos, entre otros, diversos planes de proyecto, planes ambientales, planes de salud y seguridad, así como planes de protección y gestión diseñados específicamente para la información que se está procesando. utilizado. Estos planes adicionales son cruciales para garantizar la eficacia general y la sostenibilidad del proyecto, ya que abordan diversos aspectos como la ejecución del proyecto, el impacto ambiental, el bienestar de los empleados y la seguridad de los datos. Al incorporar estos planes integrales en el marco del proyecto, las organizaciones pueden gestionar mejor los riesgos, cumplir con los requisitos reglamentarios y promover una cultura de seguridad, gestión ambiental y gestión responsable de la información.
- Informes de revisión del sistema de gestión de la calidad, que proporcionan una descripción general del proceso de valoración y evaluación realizado en el sistema de gestión de la calidad dentro de una organización. Describen las áreas de mejora, las recomendaciones y las acciones tomadas para mejorar la eficacia y eficiencia del sistema. Así, los informes destacan cualquier riesgo o problema potencial identificado durante la revisión, así como las estrategias y medidas implementadas

para mitigar estos riesgos. Los informes de revisión también sirven como una herramienta valiosa para monitorear y medir el desempeño del sistema de gestión de calidad a lo largo del tiempo, lo que permite la mejora continua y la alineación con los estándares y mejores prácticas de la industria.

- Evaluaciones previas de la eficacia del sistema de gestión de la calidad.
- b) El proceso de establecimiento de procedimientos es crucial en el plan de calidad de un proyecto, ya que describe los pasos necesarios que deben tomarse para lograr los objetivos establecidos para cada actividad del proyecto. Es fundamental que el alcance de estos procedimientos esté claramente definido y alineado con los requisitos especificados en el plan de calidad. Para establecer procedimientos con éxito, es necesario evaluar y considerar minuciosamente ciertos factores:
- Esta declaración proporciona una explicación concisa del objetivo previsto y el resultado previsto para el escenario particular.
  - Los elementos de la situación particular en la que se implementarán, abarcando las limitaciones específicas sobre su relevancia y eficacia.
  - Los factores que determinan su validez o no, como el tamaño, rango de temperaturas, estado del mercado, disponibilidad de recursos o el estado de certificación de los sistemas de gestión de calidad.
- c) La determinación de beneficios se refiere al proceso sistemático de identificar y evaluar las ventajas y oportunidades asociadas a un proyecto. Este proceso implica la utilización de procedimientos técnicos dentro de un sistema de gestión de calidad para establecer los aspectos positivos y las ganancias potenciales que se pueden lograr. La importancia de esto radica en reconocer y comprender los beneficios potenciales que puede aportar un proyecto, lo que ayuda en la toma de decisiones y garantiza que los recursos se asignen de manera efectiva. Al enfatizar la importancia de este proceso, destaca la necesidad de una evaluación exhaustiva e integral de los beneficios que se pueden derivar de un proyecto, permitiendo a las partes interesadas tomar decisiones informadas y maximizar el éxito general y el impacto del esfuerzo:
- Uno de los aspectos clave para completar con éxito una tarea es tener una comprensión profunda de los criterios necesarios y poder cumplirlos adecuadamente.
  - Tener en cuenta las acciones y pasos involucrados de forma que aporten valor.

- El proceso implica recopilar datos sobre el desempeño y la eficacia para obtener resultados.
  - La mejora continua de los procedimientos mediante la utilización de medidas objetivas adquiridas previamente.
3. El Paso 3 implica actualizar la Estructura de Trabajo Desagregada (EDT) considerando nueva ingeniería y otros aspectos del departamento. Esta actualización es necesaria para modificar los alcances y procedimientos de trabajo en el sistema de gestión de calidad establecido en el proyecto. A continuación se describen las actividades involucradas en este paso de la propuesta de actualización de la Estructura Desagregada de Trabajo:
- a) El proceso de descomposición jerárquica de los entregables implica dividir los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables. Esto permite una comprensión estructurada y sistemática de todos los entregables a nivel de ingeniería dentro de los proyectos que se están desarrollando actualmente.
  - b) El diccionario EDT sirve como una valiosa herramienta para la comunicación y coordinación dentro del equipo del proyecto. Al proporcionar una descripción general completa del alcance y los objetivos del proyecto, permite a los miembros del equipo alinear sus esfuerzos y trabajar hacia un objetivo común. El desarrollo del diccionario, también conocido como Estructura de Trabajo Desagregada, es un paso crucial en la gestión de proyectos. Este documento sirve como un recurso integral que ofrece información detallada sobre los entregables, actividades y programación asociados con cada componente de la EDT. El diccionario EDT también incluye información esencial, como requisitos de recursos, cronogramas, dependencias y cualquier instrucción específica de programación o codificación. Este nivel de detalle ayuda a los gerentes de proyectos y a los miembros del equipo a estimar con precisión los costos del proyecto, asignar recursos de manera eficiente y garantizar que todas las actividades se completen de manera oportuna. Además, sirve como guía de referencia durante todo el ciclo de vida del proyecto. Proporciona información valiosa para referencia futura, lo que permite a los gerentes de proyectos realizar un seguimiento del progreso, monitorear la finalización de las tareas y evaluar el éxito general del proyecto. El diccionario EDT actúa como documento de soporte para la EDT y juega un papel vital para garantizar el éxito del proyecto. Proporciona un desglose detallado de las diversas tareas y subtareas que deben completarse para cada entregable, brindando a los gerentes de proyecto una comprensión clara del trabajo que debe realizarse:
    - El código único que identifica la cuenta.
    - Descripción del puesto.

- Cuando hablamos de supuestos y restricciones, nos referimos a las creencias y condiciones subyacentes que se dan por sentado o se imponen en una situación determinada. Estas presunciones pueden afectar la forma en que abordamos un problema o tomamos decisiones. Las limitaciones se refieren a los límites o restricciones que existen dentro de un contexto particular, estos pueden ser de naturaleza física, legal o práctica y definen lo que es posible o permitido en un escenario determinado. Por lo tanto, es crucial comprender y analizar a fondo los supuestos y restricciones para tomar decisiones informadas y lograr los resultados deseados.
- La organización que tiene la responsabilidad.
- Programar hitos.
- Las actividades que están vinculadas o conectadas al horario.
- Los recursos que se requieren.
- Las estimaciones de costos son proyecciones de los gastos asociados con un proyecto o actividad en particular. Estas estimaciones se calculan en función de varios factores, como costos laborales, costos de materiales, costos de equipos y otros gastos relacionados. Proporcionan una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar el proyecto o actividad con éxito. Las estimaciones de costos desempeñan un papel crucial en la presupuestación y la planificación, ya que permiten a las organizaciones asignar fondos de manera adecuada y tomar decisiones informadas sobre la viabilidad de un proyecto. También sirven como base para la negociación con clientes, proveedores y partes interesadas. Por lo tanto, las estimaciones de costos ayudan a identificar posibles oportunidades de ahorro de costos y riesgos que pueden afectar el desempeño financiero general del proyecto.
- Los requisitos de calidad son especificaciones o estándares que deben cumplirse para garantizar el nivel deseado de excelencia en un producto o servicio. Estos requisitos sirven como pautas a seguir por los fabricantes o proveedores de servicios para ofrecer resultados de alta calidad que satisfagan las expectativas de los clientes. Los requisitos de calidad abarcan varios aspectos como rendimiento, confiabilidad, durabilidad, seguridad y atractivo estético. Definen las características que debe poseer un producto o servicio para proporcionar valor y satisfacción a los usuarios finales. Cumplir con los requisitos de calidad es crucial para generar confianza y lealtad entre los clientes, ya que demuestra el compromiso de entregar productos o servicios confiables y superiores. Así, cumplir con los requisitos de calidad ayuda a las organizaciones a optimizar sus operaciones,

reducir los defectos y mejorar la eficiencia general. Al monitorear y evaluar continuamente el cumplimiento de los requisitos de calidad, las organizaciones pueden identificar áreas de mejora e implementar acciones correctivas para mejorar sus productos o servicios. Por lo tanto, los requisitos de calidad desempeñan un papel vital para garantizar la satisfacción del cliente, mantener una ventaja competitiva e impulsar el éxito empresarial.

- Los criterios de aceptación desempeñan un papel vital a la hora de definir los parámetros para el éxito y guiar el desarrollo y la entrega de productos, servicios o proyectos. Al delinear claramente las condiciones específicas que deben cumplirse, los criterios de aceptación proporcionan un marco estandarizado para evaluar la calidad y garantizar la satisfacción de las partes interesadas. Al establecer criterios de aceptación, es fundamental considerar varios factores como la funcionalidad, el rendimiento, la usabilidad, la seguridad y la compatibilidad. Estos criterios sirven como objetivos medibles que sirven como puntos de referencia para evaluar la calidad y el éxito de los entregables. Los criterios de aceptación se refieren a las condiciones o requisitos específicos que un producto, servicio o proyecto debe cumplir para ser considerado satisfactorio y aceptado por las partes interesadas. Estos criterios son esenciales para garantizar que el resultado entregado se alinee con las expectativas y necesidades de los usuarios finales o clientes. Los criterios de aceptación suelen estar documentados en planes o especificaciones del proyecto y pueden incluir medidas tanto cualitativas como cuantitativas. Los criterios cualitativos pueden implicar evaluaciones subjetivas de la satisfacción del usuario, la facilidad de uso o el atractivo estético. Por otro lado, los criterios cuantitativos implican objetivos medibles específicos, como el tiempo de respuesta, las tasas de error o el tiempo de actividad del sistema. Revisar y actualizar periódicamente los criterios de aceptación a lo largo del ciclo de vida del proyecto es esencial para adaptarse a los requisitos cambiantes y mantener la alineación con las necesidades cambiantes de las partes interesadas. Este enfoque iterativo permite la mejora continua y garantiza que los resultados finales cumplan o superen las expectativas. Al definir claramente los criterios de aceptación, los equipos del proyecto y las partes interesadas pueden comunicar eficazmente sus expectativas y garantizar una comprensión compartida de lo que constituye un resultado exitoso. Esto ayuda a evitar malentendidos, reduce los riesgos y permite una planificación y ejecución de proyectos más precisa.
- Las referencias técnicas también desempeñan un papel importante en los esfuerzos académicos y de investigación. Proporcionan una base para futuros estudios y exploraciones dentro de un campo particular, lo que permite a los investigadores ampliar sus conocimientos y contribuir al conjunto de trabajos existentes. Estas

referencias sirven como fuentes autorizadas que respaldan la credibilidad y validez de los resultados de la investigación, garantizando la precisión y solidez de los esfuerzos académicos. Uno de los principales propósitos de las referencias técnicas es proporcionar información precisa y confiable que pueda utilizarse en aplicaciones prácticas. Sirven como una guía completa de teorías, principios y prácticas dentro de un dominio técnico específico. Estas referencias suelen incluir explicaciones detalladas, diagramas, cuadros y ejemplos para facilitar la comprensión y permitir a los lectores aplicar la información de forma eficaz. Además, las referencias técnicas fomentan el aprendizaje continuo y el desarrollo profesional. Permiten a las personas mantenerse actualizadas con los últimos avances, tendencias y tecnologías emergentes en sus respectivos campos. Al consultar periódicamente referencias técnicas, los profesionales pueden mejorar sus habilidades, mantenerse competitivos en el mercado laboral y adaptarse a las demandas cambiantes de sus industrias. Además, las referencias técnicas son recursos invaluable para la resolución y solución de problemas. Proporcionan instrucciones paso a paso, directrices y mejores prácticas que pueden ayudar a los profesionales a superar los desafíos técnicos y lograr resultados óptimos. Al consultar estas referencias, las personas pueden obtener información sobre técnicas, metodologías y soluciones innovadoras específicas de la industria que pueden no estar disponibles en otros lugares. Las referencias técnicas son fuentes de información que proporcionan conocimientos detallados y específicos sobre un tema o campo en particular. Estas referencias son comúnmente utilizadas por profesionales y expertos para respaldar su trabajo y mejorar su comprensión de metodologías y conceptos técnicos complejos. En general, las referencias técnicas son herramientas esenciales tanto para profesionales como para expertos, investigadores y estudiantes. Proporcionan conocimiento profundo, orientación e inspiración, lo que permite a las personas alcanzar la excelencia en sus respectivos dominios técnicos. Ya sea para la resolución de problemas, la investigación o el desarrollo personal, las referencias técnicas sirven como fuentes confiables de información que capacitan a las personas para tener éxito en sus esfuerzos. Las referencias técnicas pueden adoptar diversas formas, incluidos libros de texto, artículos de investigación, revistas científicas, estándares de la industria, manuales técnicos y recursos en línea. Por lo general, están escritos por expertos en los respectivos campos que tienen un amplio conocimiento y experiencia en el tema.

- Información relativa a acuerdos.
4. La asignación de personal, se refiere al procedimiento crucial de asignar la fuerza laboral requerida a varios departamentos o subdepartamentos del proyecto para facilitar la progresión fluida de las actividades. Este paso fundamental implica la descripción y

distribución cuidadosa de las tareas para cada actividad, garantizando que se asignen las personas adecuadas a los roles apropiados.

a) Evaluación de datos personales. El personal involucrado en trabajos o actividades que afectan el cumplimiento de los requisitos del producto debe tener educación, capacitación, habilidades y experiencia adecuadas. Las organizaciones están obligadas a considerar los siguientes factores en las evaluaciones de competencia del personal:

- Para garantizar que el trabajo realizado por el personal cumpla con los estándares de producto requeridos, es crucial identificar y evaluar el nivel de competencia requerido para estas personas. Esta competencia se refiere al conocimiento, las habilidades y la experiencia necesarios para llevar a cabo tareas que impactan directamente la conformidad con los requisitos del producto. Al determinar el nivel apropiado de competencia, las organizaciones pueden garantizar que su personal esté adecuadamente equipado para cumplir con sus responsabilidades y contribuir a la calidad y satisfacción general del producto final. Por lo tanto, es imperativo que las empresas establezcan pautas y criterios claros para evaluar la competencia de su personal, que les permitan mejorar continuamente y luchar por la excelencia en su trabajo.
- Para lograr el conjunto de habilidades requerido, es esencial ofrecer sesiones de instrucción o implementar medidas alternativas que permitan a las personas mejorar su competencia.
- Evaluar el nivel de eficacia demostrado por las acciones implementadas.
- Es esencial garantizar que todos los miembros del personal tengan una comprensión clara de la importancia y relevancia de sus tareas y de cómo desempeñan un papel crucial en el logro de los objetivos de calidad de la organización. Al brindar conciencia y conocimiento integrales sobre la importancia de sus actividades, los empleados pueden comprender mejor cómo sus contribuciones individuales contribuyen al éxito general y la excelencia de la empresa. Esta comprensión fomenta un sentido de propósito y motivación entre los miembros del personal, lo que conduce a una mayor satisfacción laboral y productividad. Además, cuando los empleados comprenden el impacto directo de su trabajo en el logro de los objetivos de calidad, es más probable que alineen sus esfuerzos y acciones con las metas de la organización, lo que resulta en un mejor desempeño y resultados de calidad. Por lo tanto, es imperativo priorizar iniciativas efectivas de comunicación y capacitación que transmitan adecuadamente la relevancia y la importancia del papel de cada empleado en la contribución a los objetivos generales de calidad de la organización.

- Mantener registros apropiados de educación, capacitación, habilidades y experiencia.
  - La organización es responsable de crear e implementar sistemas y estándares para evaluar el desempeño laboral de sus empleados involucrados en diversas tareas y responsabilidades dentro de la empresa.
- b) La aplicación de técnicas de asignación de personal es crucial para que la organización pueda asignar eficazmente su fuerza laboral a los puestos vacantes disponibles, así como facilitar los procedimientos de ascenso y ascenso de puestos dentro de la empresa. Al implementar estas técnicas, la organización se asegura de contar con las herramientas y procesos necesarios para agilizar la distribución del personal y optimizar la utilización de su fuerza laboral. Así, estas técnicas permiten a la organización identificar y cubrir eficazmente puestos vacantes con personas calificadas, asegurando una transición fluida y continuidad en las operaciones. Además, al utilizar técnicas de asignación de personal, la organización puede identificar y fomentar el talento dentro de su fuerza laboral, brindando oportunidades para el crecimiento y avance profesional.
5. El proceso de solicitud de cambio abarca una serie de actividades, que incluyen identificar, documentar, valorar, evaluar, aprobar, implementar, comunicar y monitorear cambios en el alcance o las actividades del proyecto. Estos pasos se llevan a cabo para garantizar que se realicen las modificaciones necesarias en función de la información actualizada o los requisitos cambiantes del proyecto, mejorando en última instancia el éxito y la eficacia generales del proyecto:
- a) La revisión de la EDT es un proceso vital que garantiza que la estructura desglosada del trabajo del proyecto siga siendo efectiva y alineada con los objetivos del proyecto. A través de la evaluación y el ajuste continuos, la organización puede optimizar la gestión de proyectos y aumentar la probabilidad de éxito del proyecto.
  - b) Identificar y evaluar las tareas y
  - c) resultados a entregar y examinar el trabajo asociado.
  - d) Construir y organizar la EDT. Descomponer los niveles superiores de la EDT en componentes detallados de niveles inferiores.
  - e) El siguiente paso en el proceso es crear y asignar códigos de identificación únicos a todos los diferentes componentes que conforman la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Esto implica examinar cuidadosamente cada elemento de la EDT y darle un código distinto que sirva como medio de identificación y categorización. Estos códigos son cruciales para garantizar que cada componente sea rastreado y contabilizado

- adecuadamente durante todo el ciclo de vida del proyecto. Al asignar códigos de identificación a los componentes de la EDT, los gerentes de proyectos pueden navegar fácilmente y hacer referencia a elementos específicos al tomar decisiones, monitorear el progreso y evaluar el desempeño general del proyecto. Este meticuloso proceso de asignación de códigos de identificación garantiza que cada aspecto de la EDT se tenga en cuenta y contribuya al éxito y la eficiencia generales del proyecto.
- f) Asegurar que el grado de descomposición de todos los resultados sea el adecuado.
  - g) La utilización del juicio de expertos juega un papel crucial en el análisis de la información esencial requerida para desglosar los entregables del proyecto en componentes más pequeños, mejorando así la eficiencia y eficacia de la estructura de desglose del trabajo. Esto implica la aplicación de conocimientos y experiencia previa para profundizar en las complejidades técnicas del alcance del proyecto, al mismo tiempo que facilita la resolución de cualquier punto de vista conflictivo con respecto al enfoque óptimo para analizar el alcance general del proyecto.
  - h) Cualquier organización o persona que posea la formación, la experiencia o la experiencia necesarias en proyectos o dominios comerciales comparables tiene la capacidad de ofrecer este nivel de competencia.
  - i) También se puede obtener el juicio de expertos utilizando plantillas preestablecidas, que ofrecen una valiosa orientación sobre cómo dividir eficazmente varios entregables. Estas plantillas pueden adaptarse a industrias o disciplinas específicas, o pueden basarse en experiencias pasadas obtenidas en proyectos similares.
  - j) El director del proyecto, trabajando junto con el equipo del proyecto, toma la decisión final sobre cómo dividir el alcance del proyecto en paquetes de trabajo más pequeños y manejables para supervisar de manera efectiva la ejecución del proyecto. Este proceso implica una cuidadosa consideración y colaboración para garantizar que el trabajo del proyecto esté organizado y estructurado de una manera que promueva una gestión eficiente y una finalización exitosa.
6. La aprobación de los entregables, es la evaluación del progreso realizado en el desarrollo de un producto del proyecto. El propósito de este proceso es evaluar en qué medida las características finales del producto se alinean con el alcance y los objetivos predeterminados. En este paso, cada actividad se explica y describe detalladamente:
- a) El proceso de revisión de los productos que se generaron a través del proceso de control de calidad implica verificarlos con el cliente o patrocinador para garantizar que se hayan completado a su satisfacción. Además, durante esta revisión se obtiene la aceptación formal de estos entregables. Durante este proceso, los productos que se obtuvieron de los procesos de planificación en el área de gestión del alcance del

proyecto, como la documentación de requisitos o la línea base del alcance, así como los datos de desempeño del trabajo que se obtuvieron de los procesos de ejecución en otras áreas del conocimiento, sirven como base para realizar la validación y aceptación final.

7. La definición de criterios de control es un paso vital en el proceso de evaluación del desempeño de las actividades del proyecto para gestionar y abordar eficazmente cualquier no conformidad que pueda surgir. Este paso implica establecer varios aspectos que se considerarán al evaluar el progreso y el éxito de las actividades del proyecto. Al definir claramente estos criterios, los gerentes de proyectos pueden obtener un mejor control y supervisión sobre posibles problemas o desviaciones de los resultados deseados. En los siguientes apartados profundizaremos en los detalles de cada actividad involucrada en este paso de la propuesta:

- a) Las organizaciones establecen formas de controlar los procesos de desarrollo de proyectos una vez que se ha adoptado la calidad para establecer, evaluar y optimizar sus objetivos. Para lograr el cumplimiento de este proceso, la organización necesitará establecer los siguientes requisitos:
  - Los procedimientos de control de cambios implican una explicación detallada de las diversas etapas en las que las normas, políticas, planes y procedimientos de la organización ejecutora (o cualquier otro documento del proyecto) sufrirán modificaciones. Además, describe los métodos mediante los cuales se llevará a cabo la aprobación y validación de estos cambios. Es fundamental tener en cuenta que estos cambios deben procesarse con anticipación, ya que de no hacerlo se impedirá completar este paso debido a la ausencia de un registro en el sistema de gestión de calidad del proyecto.
  - Procedimientos de control financiero (por ejemplo, informes de tiempos, auditorías requeridas de gastos y desembolsos, códigos contables y disposiciones contractuales estándar).
  - Procedimientos de gestión de incidentes y defectos que definan los controles, procedimientos de identificación y seguimiento a implementar frente a los mismos.
  - Requisitos de comunicaciones de la organización (por ejemplo, tecnología de comunicaciones específica disponible, medios de comunicación autorizados, políticas de retención de registros y requisitos de seguridad).
  - Procedimientos para asignar prioridades, aprobar y emitir autorizaciones de trabajo.

- Procedimientos de control de riesgos, incluidas categorías de riesgos, plantillas de declaraciones de riesgos, definiciones de probabilidad e impacto, y matrices de probabilidad e impacto.
  - Las guías, las instrucciones de trabajo, los criterios para evaluar propuestas y los criterios para evaluar el desempeño estandarizado son recursos importantes que brindan orientación y dirección en diversos aspectos de una tarea o proyecto. Estos recursos sirven como herramientas valiosas para garantizar la coherencia y precisión en los procesos de toma de decisiones y evaluaciones de desempeño. Describen procedimientos paso a paso, establecen puntos de referencia para evaluar propuestas y definen puntos de referencia para medir el desempeño estandarizado. Al tener estos recursos disponibles, las personas y los equipos pueden consultarlos cuando sea necesario, lo que mejora la eficiencia, la eficacia y el éxito general en su trabajo.
- b) La documentación de las evaluaciones de control implica revisar la información que será utilizada por la dirección de la organización para tomar decisiones e implementar los ajustes necesarios a los procedimientos de trabajo en las actividades del proyecto. Este proceso es una parte esencial del sistema de gestión de calidad del proyecto. Para llevar a cabo este proceso, la organización necesita asegurarse de que se cumplan ciertos requisitos en su sistema de gestión:
- Los resultados de las auditorías.
  - Los comentarios de los clientes se refieren a las opiniones, comentarios y sugerencias proporcionadas por los clientes sobre un producto, servicio o experiencia general con una empresa. Abarca los conocimientos y perspectivas compartidos por personas que han interactuado con una marca, ya sea comprando un producto, utilizando un servicio o interactuando con el servicio de atención al cliente. Los comentarios de los clientes son una fuente importante de información para las empresas, ya que les ayuda a medir la satisfacción del cliente, identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para mejorar sus ofertas. Proporciona información valiosa sobre las preferencias, necesidades y expectativas de los clientes, lo que permite a las empresas adaptar sus productos o servicios en consecuencia. Además, sirven como una herramienta para que las empresas midan su desempeño y evalúen la efectividad de sus estrategias. Al buscar y escuchar activamente los comentarios de los clientes, las empresas pueden demostrar su compromiso de centrarse en el cliente y esforzarse continuamente por cumplir y superar las expectativas de los clientes.

- La evaluación de qué tan bien se desempeña un proceso y el nivel de conformidad alcanzado en el producto final. Esto incluye evaluar la eficiencia y eficacia del proceso en el cumplimiento de sus objetivos, así como el grado en que el producto final cumple con los requisitos y estándares especificados.
  - La situación actual en cuanto a medidas correctoras y preventivas.
  - Las acciones de seguimiento de revisiones de gestión anteriores.
  - Los cambios que puedan afectar al sistema de gestión de la calidad.
8. Los informes de desempeño laboral son un aspecto crucial de la evaluación organizacional que permite evaluar la efectividad del personal del proyecto a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El principal objetivo de estos informes es determinar si es necesario realizar algún ajuste en los procedimientos de trabajo:
- a) Para garantizar el éxito de un proyecto, es importante identificar y seleccionar miembros del personal que posean las habilidades necesarias. Este proceso, conocido como planificación de recursos humanos, ayuda a determinar qué personas son las más adecuadas para el proyecto. El plan de gestión de recursos humanos describe cómo se asignarán roles y responsabilidades, cómo se facilitará la comunicación y cómo se gestionará el personal durante todo el proyecto. Durante el desarrollo de este plan, se confía en el juicio de expertos para tomar decisiones informadas, se deben:
- Enumerar los requisitos preliminares de las habilidades requeridas.
  - Evaluar los puestos necesarios para el proyecto haciendo referencia a las descripciones de trabajo estándar proporcionadas por la organización.
  - La tarea es evaluar la cantidad de esfuerzo preliminar requerido y la cantidad de recursos necesarios para lograr con éxito los objetivos del proyecto.
  - Para establecer una comunicación efectiva dentro de una organización, es crucial identificar y comprender las relaciones de comunicación que se alinean con la cultura única de la organización. Esto implica reconocer los canales, protocolos y jerarquías de comunicación específicos que la organización valora y adopta. Al determinar estas relaciones de comunicación necesarias, la organización puede fomentar un flujo de información armonioso y eficiente, asegurando que los mensajes se transmitan de manera efectiva y en línea con los valores culturales de la organización.
  - Proporcionar orientación sobre el momento oportuno para la contratación de personal basándose en las lecciones aprendidas y las condiciones del mercado.

- Las amenazas potenciales vinculadas a las estrategias y procesos involucrados en la adquisición, retención y liberación de personal.
  - Identificar y sugerir programas adecuados que se alineen con los contratos gubernamentales y sindicales pertinentes, garantizando su cumplimiento.
9. La realización de auditorías implica la evaluación sistemática del cumplimiento de los procedimientos de trabajo establecidos en el proyecto, así como la revisión in situ del cumplimiento de estos procedimientos. Las siguientes secciones proporcionan una descripción detallada de cada actividad involucrada en este crucial octavo paso de la propuesta:
- a) La organización debe desarrollar y ejecutar los procesos necesarios de seguimiento, medición, análisis y mejora para poder realizar auditorías. Esto incluye establecer objetivos de auditoría y cumplir con ciertos requisitos.
- Demostrar cumplimiento de las especificaciones del producto. Esto implica garantizar que el producto cumpla con todos los criterios necesarios y cumpla con los propósitos previstos como se describe en sus requisitos. Examinando y evaluando minuciosamente el producto según estos requisitos, se puede demostrar su conformidad e idoneidad para su uso. Este proceso implica una atención meticulosa a los detalles y pruebas rigurosas para garantizar que cada aspecto del producto se alinee con los requisitos especificados.
  - Velar por el cumplimiento del sistema de gestión de la calidad.
  - Es fundamental mejorar continuamente la eficiencia del sistema de gestión de calidad existente. Esto implica identificar los enfoques adecuados, como las técnicas estadísticas, y determinar el nivel al que deben utilizarse. Al mejorar constantemente la eficacia del sistema de gestión de la calidad, las organizaciones pueden esforzarse por lograr una mejora continua y lograr resultados óptimos.
  - La organización debe realizar auditorías periódicas a intervalos predeterminados para evaluar la eficacia y el cumplimiento de su sistema de gestión de la calidad.
  - La acción se alinea perfectamente con las disposiciones previstas y cumple con todos los criterios descritos en el sistema de gestión de calidad de la organización.
  - La implementación y el mantenimiento continuo del sistema se han llevado a cabo de manera eficiente y efectiva.
  - La planificación de un programa de auditoría tiene en cuenta el estado actual y la importancia de los procesos y áreas que serán auditados, así como los resultados de auditorías anteriores. Es fundamental definir los criterios, alcance, frecuencia y

metodología de la auditoría. Además, se debe considerar cuidadosamente la selección de auditores y la manera en que se realizan las auditorías para garantizar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría. Es importante señalar que los auditores no deberían ser responsables de auditar su propio trabajo. Para brindar claridad y orientación, se establece un procedimiento documentado para delinear las responsabilidades y requisitos tanto para la planificación como para la realización de auditorías, así como para documentar registros e informar los resultados.

- b) El cierre de riesgos forma parte integral de la documentación de resultados de la auditoría. Esto significa que los riesgos identificados se han mitigado o eliminado con éxito. Como resultado, se podrán liberar las reservas correspondientes, que fueron constituidas para cubrir posibles pérdidas asociadas a estos riesgos. Esta liberación de reservas permite la reasignación de recursos a otras áreas o la utilización de fondos para otras iniciativas estratégicas. La documentación de los resultados de la auditoría abarca varios componentes que son cruciales para gestionar los riesgos de forma eficaz. Uno de esos componentes es la identificación de nuevos riesgos que puedan haber surgido durante el proceso de auditoría. Estos riesgos recientemente identificados se evalúan minuciosamente y sus probabilidades, impactos y prioridades se actualizan en consecuencia. Así, los resultados de la auditoría implican la revisión y el perfeccionamiento de los planes de respuesta para garantizar que se alineen con el panorama de riesgos actual. Además, la documentación captura cualquier cambio en la propiedad de los riesgos identificados. Esto implica determinar las personas o departamentos responsables de mitigar o monitorear riesgos específicos. Al asignar claramente la propiedad, se establece la rendición de cuentas, lo que permite un enfoque más proactivo para abordar las amenazas potenciales.
10. La documentación de las lecciones aprendidas implica registrar y almacenar toda la información de proyectos anteriores en un archivo designado o dentro del sistema de gestión de calidad de la organización. Este paso tiene como objetivo capturar conocimientos y conocimientos valiosos adquiridos a partir de experiencias previas dentro de la empresa. Al documentar estas lecciones, las organizaciones pueden acceder y utilizar esta información para proyectos futuros, lo que les permitirá tomar decisiones más informadas y evitar repetir errores del pasado. Este proceso garantiza que la base de conocimientos de la organización siga creciendo y mejorando con el tiempo, contribuyendo al éxito general del proyecto y al desarrollo organizacional:
- a) Los registros de activos de procesos de una organización son los planes, procesos, políticas, procedimientos y bases de conocimiento específicos y utilizados por las organizaciones ejecutantes. Esto incluye cualquier objeto, práctica o conocimiento de

cualquiera o todas las organizaciones involucradas en el proyecto que pueda usarse para llevar a cabo o gestionar el proyecto. Los activos de proceso también incluyen las bases de conocimiento de la organización, como lecciones aprendidas e información histórica. Los activos de proceso de una organización pueden incluir cronogramas completos, datos de riesgo y datos de valor ganado. Los activos de los procesos organizacionales son insumos para la mayoría de los procesos de planificación.

La metodología propuesta conlleva la implementación de una serie de pasos de aseguramiento de la calidad en proyectos en empresas consultoras de ingeniería. Se aplica al aseguramiento de la calidad de los proyectos, pero no garantiza completamente la consecución de la calidad de los mismos. Por lo tanto, se detallan las siguientes recomendaciones:

- Para garantizar una coordinación y colaboración fluidas entre los diferentes departamentos, se formará un equipo de expertos compuesto por un representante del departamento de proyectos, un representante de la dirección y un representante del departamento de gestión de calidad. Este equipo trabajará en conjunto para establecer límites y pautas claras para las actividades de cada departamento, asegurando que no interfieran entre sí. Además, el equipo será responsable de revisar las evaluaciones de diversos aspectos de los entregables del proyecto y evaluar la efectividad de los formatos de control utilizados para informar las observaciones dentro de la organización.
- Para garantizar una gestión eficaz del conocimiento dentro del proyecto, es fundamental que el personal del proyecto se someta a evaluaciones técnicas periódicas. Estas evaluaciones sirven como medio para identificar observaciones importantes o áreas de mejora. Una vez identificadas estas observaciones, se hace necesario desarrollar un proceso para actualizar los procedimientos de trabajo y mejorar el conocimiento técnico. Este enfoque proactivo ayuda a minimizar cualquier irregularidad o brecha en la gestión del conocimiento, tanto en términos de comprensión teórica como de experiencia técnica dentro del proyecto.
- En situaciones en las que existen incertidumbres con respecto a los aspectos técnicos involucrados en la producción de cualquier resultado de un proyecto, resulta crucial reunir un equipo diverso de expertos de diversos campos para abordar estas dudas. El objetivo principal de formar un grupo multidisciplinario de este tipo es proporcionar una plataforma para aclarar cualquier incertidumbre, fomentar el consenso entre los profesionales y encontrar puntos en común para resolver las diferencias que puedan surgir.

### ***El proceso de auditoría***

El programa de auditoría consta de una serie de medidas diseñadas para garantizar la exactitud e integridad de la información financiera:

- El auditor, junto con su equipo, participará en una discusión exhaustiva sobre las metas y objetivos del programa, así como los diversos pasos que lo componen, asegurándose de que cada miembro haya comprendido los conceptos con precisión.
- Crear un formato de evaluación para realizar la auditoría.
- Continuar con el proceso de evaluación realizando observaciones para confirmar si los procedimientos de trabajo que se evalúan se ajustan o no a los estándares requeridos.
- Para garantizar que el proyecto se desarrolle sin problemas, es fundamental examinar cuidadosamente el cronograma de actividades para un período de tiempo específico, teniendo en cuenta el posible impacto negativo que puede tener en la finalización de las tareas esenciales.
- Para realizar la auditoría de manera eficaz, es importante recopilar información general relevante. Una forma de lograrlo es recopilando selectivamente informes diarios de progreso de la actividad. Estos informes sirven como valiosas fuentes de datos y brindan información sobre las actividades en curso dentro de la organización. Al analizar estos informes, los auditores pueden obtener una comprensión integral de las operaciones diarias, identificar áreas potenciales de preocupación y evaluar el desempeño general de la organización. La información recopilada de estos informes puede servir como base para el proceso de auditoría, ayudando a los auditores a tomar decisiones y recomendaciones informadas. Por lo tanto, es fundamental revisar y considerar cuidadosamente los informes diarios de progreso de la actividad para garantizar una auditoría exhaustiva y precisa.
- Verificar la veracidad de los datos utilizando medios físicos de actuación u otra información que sirva de prueba.
- Verificar el cumplimiento de los cronogramas y la conformidad de los resultados obtenidos con la planificación y alcance establecidos, en caso contrario registrar los comentarios en el formulario de auditoría para su reflejo en el informe correspondiente.
- Determinar el adecuado cumplimiento de los procedimientos de fin de evento.
- Al comparar los artículos registrados con los recibos de los envíos, el objetivo principal es garantizar que los proyectos en desarrollo cumplan con las pautas de gestión de recursos. Este proceso implica cruzar los elementos que se han documentado con los recibos proporcionados, para verificar que el proyecto está utilizando efectivamente sus recursos. Al realizar esta comparación, cualquier discrepancia o inconsistencia se puede identificar y abordar con prontitud, asegurando que el proyecto se mantenga encaminado y alineado con sus objetivos de gestión de recursos.

- Verificar los fondos que aparecen en el informe financiero y compararlos con los desembolsos bancarios.
- Asegurar que todos los fondos se desembolsen únicamente mediante pagos individuales respaldados por recibos legalmente autorizados.
- Asegurar que toda la información administrativa y financiera evaluada esté presente y cumpla con el sistema de gestión de calidad, confirmando así su precisión e integridad. Esto implica revisar y verificar minuciosamente los datos, documentos y registros relevantes para garantizar su alineación con los estándares y protocolos establecidos descritos en el sistema de gestión de calidad. Al realizar este proceso de verificación, cualquier discrepancia o inconsistencia se puede identificar y rectificar rápidamente, mejorando en última instancia la eficiencia y eficacia general de los procesos administrativos y financieros dentro de la organización. Además, este procedimiento de verificación sirve como un paso crucial para mantener la confiabilidad y credibilidad del sistema de gestión de calidad al garantizar que toda la información administrativa y financiera esté registrada con precisión, sea fácilmente accesible y cumpla con las pautas y regulaciones establecidas.
- Una de las tareas es evaluar la eficacia del sistema de gestión de la calidad para identificar posibles anomalías o áreas de mejora.
- Una vez finalizado el proceso de auditoría, es importante compilar un informe de auditoría completo que incluya todos los hallazgos y observaciones recopilados durante el examen. Este informe también debe incorporar las recomendaciones proporcionadas por la entidad auditora, independientemente de si se trata de un equipo interno o de una parte externa que trabaja en nombre de la organización. El informe de auditoría sirve como un documento crucial que describe las áreas clave de mejora, los riesgos potenciales y las acciones sugeridas para mejorar la eficacia y eficiencia generales de las operaciones de la organización. Proporciona información y orientación valiosas para que la dirección tome decisiones informadas e implemente los cambios necesarios para el mejoramiento de la organización. Por lo tanto, es esencial garantizar que el informe de auditoría refleje un análisis exhaustivo de los procesos auditados, aborde todos los problemas identificados y ofrezca recomendaciones prácticas y viables para mejoras futuras. El contenido del informe de auditoría debe ser examinado y evaluado minuciosamente por un grupo de profesionales expertos.
- Informar a los superiores de la empresa sobre los resultados y hallazgos del proceso de auditoría.
- El proceso de transmitir eficazmente los logros generales del programa de auditoría a los miembros del personal y empleados de la organización. Esto implica compartir

información integral y actualizaciones sobre los resultados exitosos y los resultados logrados a través del programa de auditoría.

### ***La implementación de la auditoría***

La implementación del programa de auditoría incluye lo siguiente:

- Una forma de crear un código integral de conducta ética es formar un comité que incluya representantes de diversas áreas funcionales dentro de la organización. Este comité deberá colaborar en la redacción del documento, teniendo en cuenta las metas y objetivos estratégicos específicos de los proyectos de la organización. Para garantizar la validez del código y el cumplimiento de las normas legales, es esencial pasar por un proceso exhaustivo de revisión y aprobación, involucrando a la junta directiva como la autoridad última en otorgar la aprobación. Este meticuloso proceso garantiza que el código de conducta ética se adapte bien a las necesidades de la organización y se alinee con sus objetivos generales.
- Crear un cargo de controlador de cumplimiento corporativo, independiente de la administración. El gerente es responsable del código de conducta ética, incluida la capacitación de los empleados, la notificación de incumplimientos e investigaciones relacionadas, los informes de gestión y las auditorías de cumplimiento. Este puesto debe ser independiente de la administración e informar a la junta directiva y debe informar a la administración como una función similar a la función de auditoría interna.
- Establecer responsabilidades de presentación de informes al órgano de control social. El gerente informará periódicamente, mensual o trimestralmente, al gerente y al consejo directivo sobre el desempeño de cada empleado en relación con el código de conducta ética y el programa de cumplimiento corporativo del proyecto.
- Desarrollar un programa de capacitación en ética y cumplimiento corporativo. El supervisor de cumplimiento de una empresa es responsable de garantizar que todos los empleados, incluidos todos los funcionarios y directores de la empresa, reciban la capacitación adecuada.
- El supervisor debe tomar medidas proactivas para evitar cualquier forma de represalia contra personas que valientemente se presenten para denunciar casos de violaciones del código dentro del proyecto. Esto implica implementar políticas sólidas que prohíban explícitamente cualquier acto de represalia o reacción contra estas personas. Al hacerlo, se garantiza que los posibles denunciadores se sientan seguros al denunciar cualquier falta ética que puedan presenciar, lo que en última instancia promueve una cultura de transparencia y responsabilidad dentro de la organización.

- Dentro del ámbito de esta función particular se encuentra la determinación de los criterios y procedimientos para auditar el cumplimiento del código de conducta ética. Para garantizar el cumplimiento del código, al supervisor de cumplimiento corporativo se le asigna la responsabilidad de realizar auditorías anualmente. Estas auditorías son de carácter integral y abarcan una evaluación de la eficacia de la empresa en la implementación del código, así como su cumplimiento de los controles financieros establecidos y los procedimientos diseñados específicamente para los proyectos.

### ***El perfil del auditor***

Las características de un auditor son un aspecto crucial en el proceso de auditoría dentro de una organización. El papel del auditor es conducir el proceso de auditoría y lograr los resultados deseados, proponiendo las medidas necesarias para mejorar el desempeño de la organización. La eficacia y calidad de la auditoría dependen en gran medida del profesionalismo y el carácter del auditor, así como de su comprensión de las actividades que está revisando. Estos factores abarcan una combinación de conocimientos, habilidades, capacidades y experiencia necesarios para que el auditor realice su trabajo con precisión y competencia.

En términos de conocimiento, es importante que el auditor tenga una formación adecuada que satisfaga las demandas del puesto, lo que le permitirá interactuar sin problemas con los componentes del estudio involucrados en el proceso de auditoría. Es esencial reconocer ciertos aspectos de los distintos niveles de formación para poder apreciar plenamente la experiencia del auditor.

En términos de formación académica, las personas pueden cursar estudios de nivel técnico en diversos campos, como ingeniería, administración a nivel de licenciatura o posgrado, proyectos industriales, informática, ingeniería de sistemas, contabilidad, derecho, relaciones internacionales y muchas otras disciplinas. No obstante, se precisa considerar algunos aspectos:

- La Formación Complementaria: Orientación sobre el tema obtenida a lo largo de su carrera a través de congresos, talleres, seminarios, foros o cursos de formación profesional.
- La Formación Experiencial: Conocimientos adquiridos al realizar auditorías en diversas instituciones, con o sin título. Entre los conocimientos ideales de un auditor para ayudar a preparar y realizar una auditoría, se destacan conocimientos de finanzas, liderazgo, costos, sistemas y procedimientos, comercio internacional, leyes y regulaciones, etc. La actualización continua de conocimientos, especialmente en el ámbito empresarial, proporciona a los auditores la madurez necesaria para desempeñar sus funciones de forma inteligente y justa.

### ***El equipo de auditoría***

El equipo auditor, si se establece, requiere verificación de sus actividades con base en los siguientes aspectos:

- Tiempo para examinar a fondo las reglas, pautas, propósitos, metas, principios, tácticas, iniciativas y proyectos.
- Plan integral para realizar una auditoría.
- Definir los objetivos, alcance y metodología para la realización de una auditoría, ya sea interna o externa.
- Obtener la información necesaria para evaluar la funcionalidad y eficacia de los procesos, funciones y sistemas utilizados.
- Recopilar y revisar estadísticas sobre volúmenes y cargas de trabajo.
- Diagnosticar los métodos operativos y los sistemas de información establecidos.
- Descubrir hallazgos y evidencia e incorporarlos en los papeles de trabajo aplicables.
- Respetar las normas de conducta establecidas por las filiales, empresas, organismos sectoriales y organismos reguladores y de globalización (cuando corresponda).
- Proponer sistemas de gestión y/o cambios que permitan un aumento de la eficacia de la organización.
- Examinar y evaluar el marco organizacional y los procesos operativos en todos los departamentos y jerarquías.
- Exploración de las diversas etapas involucradas en el flujo de datos, desde la recopilación o creación inicial de datos hasta su almacenamiento, procesamiento y eventual difusión. Al comprender a fondo cada paso de este flujo, podemos identificar cualquier posible cuello de botella o ineficiencia que pueda obstaculizar el buen funcionamiento del sistema. Además, también examinaremos la estructura y el diseño de los formularios que se utilizan para capturar y registrar datos. Los formularios desempeñan un papel fundamental en el proceso de flujo de datos, ya que sirven como medio a través del cual se recopila y organiza la información. Al evaluar el diseño, los campos y la usabilidad general de estos formularios, podemos identificar oportunidades de mejora, como simplificar formularios complejos o introducir opciones de entrada de datos automatizadas. Además, examinaremos la integridad y seguridad del proceso de transferencia de datos. Garantizar la confidencialidad, exactitud y confiabilidad de los datos durante su transferencia es de suma importancia para proteger la información confidencial y mantener la confianza de las partes interesadas. Evaluaremos los métodos de cifrado, los protocolos de autenticación y los mecanismos de respaldo implementados para salvaguardar los datos durante todo su

recorrido. En esta sección, profundizaremos en un análisis integral del flujo de datos y las diversas formas que se utilizan dentro de un sistema u organización determinado. El examen del proceso de transferencia de datos es crucial para garantizar el intercambio fluido y eficiente de información entre diferentes entidades. En conclusión, esta sección proporcionará una revisión en profundidad del flujo de datos y formularios dentro de un sistema u organización. Al examinar el proceso de transferencia de datos y analizar el diseño de los formularios, podemos identificar áreas de mejora e implementar medidas para optimizar la eficiencia general y la seguridad del sistema.

- Al analizar el funcionamiento de una organización, es crucial tener en cuenta las variables ambientales y económicas que pueden tener un impacto en sus operaciones y éxito. Esto implica evaluar los diversos factores externos que pueden influir en la capacidad de la organización para lograr sus metas y objetivos, así como las condiciones económicas que pueden moldear su desempeño financiero. Al examinar minuciosamente estas variables, las organizaciones pueden obtener información valiosa y tomar decisiones informadas para adaptarse y prosperar en sus respectivas industrias.
- Examinar y evaluar la disposición y utilización del equipo de oficina en todo el espacio de trabajo.
- Evaluar los registros contables y la información financiera.
- Mantener los niveles de desempeño a través del diálogo y la revisión continua de los avances.
- Proponer elementos tecnológicos de vanguardia necesarios para impulsar el cambio organizacional.
- Diseñar y crear informes de progreso e informes de auditoría, asegurándose de que estén bien organizados y sean completos. Esto implica estructurar cuidadosamente los informes, incluyendo toda la información y los datos relevantes, y presentarlos en un formato visualmente atractivo y fácilmente comprensible. Además, es esencial realizar investigaciones y análisis exhaustivos para recopilar datos precisos y confiables para incluirlos en los informes. Además, los informes deben prepararse de manera oportuna, asegurando que estén actualizados y reflejen el estado actual del proyecto o auditoría. Finalmente, revisar y revisar los informes para garantizar la precisión y claridad es crucial, ya que sirven como herramientas importantes para monitorear el progreso e identificar áreas de mejora.

## Capítulo 3

### Ingeniería en proyectos con criterios de calidad

La ingeniería de proyectos con frecuencia concibe como un puente entre la gestión de proyectos y los aspectos técnicos involucrados. Como resultado, los ingenieros de proyectos deben poseer conocimientos adecuados de diversas disciplinas y, a menudo, sirven como el principal punto de contacto técnico para los clientes. Actualmente, la industria se encuentra inmersa en un proceso transformador conocido como cuarta revolución industrial o Industria 4.0.

Esta revolución se caracteriza por la digitalización, la inteligencia, la creación de redes y una producción en gran medida autónoma. Se logra mediante la integración de técnicas de producción, tecnologías de la información (TI) e Internet. Esta nueva fase de industrialización y automatización presenta grandes oportunidades y desafíos importantes. A la luz de estas circunstancias, este libro profundiza en diversos enfoques de los sistemas técnicos sostenibles, enfatiza la importancia de incorporar los conceptos de sostenibilidad y economía circular en la industria y explora el desarrollo de marcos teóricos que consideren las complejidades de la realidad.

#### La sostenibilidad

La aparición de sistemas de fabricación ha alterado el equilibrio que alguna vez existió entre los humanos y la naturaleza. Esta disrupción, conocida como Fractura Metabólica o ruptura de la conexión natural entre la sociedad y el medio ambiente, ha desatado la investigación de sistemas técnicos en un esfuerzo por abordar esta separación y promover la sostenibilidad. Los sistemas naturales se consideran modelos para la creación de sistemas técnicos inteligentes, conectados y sostenibles, que incorporan tecnologías de la información modernas.

El objetivo es integrar los sistemas de fabricación en el concepto de sostenibilidad, formando una conexión perfecta entre los ámbitos natural y tecnológico. Partiendo de la teoría de los sistemas adaptativos complejos, se entiende que un sistema no puede sobrevivir si no funciona en armonía con su entorno. Como la economía humana es un subsistema de la economía más amplia de la naturaleza, debe reflejar los procesos de la naturaleza para crear sistemas técnicos integrados.

Esto requiere compatibilidad metabólica, donde la tecnosfera (sistema de fabricación) pueda adaptarse y responder a su entorno. La compatibilidad permite la coexistencia y evolución de los ámbitos natural y tecnológico de forma sostenible. Para lograr esta integración, la investigación se centra en desarrollar sistemas técnicos sostenibles y establecer métricas e indicadores basados en ecosistemas naturales para su evaluación. El objetivo final es crear sistemas técnicos que se alineen con las dimensiones espaciales y temporales del mundo natural.

## *Los paradigmas*

El objetivo principal es combinar el mundo natural con la tecnología, tanto en su aspecto físico como no físico, dando como resultado un ecosistema armonioso y resiliente. Muchos estudios han intentado incorporar elementos de la naturaleza en sistemas técnicos utilizando enfoques bioinspirados. Estos estudios se han centrado en varios niveles de sistemas técnicos, como la gestión de la cadena de suministro y las organizaciones virtuales, optimizando los tiempos de mecanizado a través de algoritmos basados en el comportamiento, coordinando procesos de fabricación adaptativos, utilizando algoritmos basados en abejas para la optimización de las células de fabricación, la asignación de tareas y el enrutamiento de la planta. y programación.

Las obras, inspiradas en sistemas naturales, abordan principalmente cuestiones de nivel micro dentro de los sistemas técnicos. Sin embargo, también existen paradigmas más amplios que potencialmente pueden influir en futuros sistemas técnicos avanzados, inteligentes y naturales. Para lograr los objetivos mencionados anteriormente, se pueden emplear varias estrategias, todas dirigidas a abordar el estado actual de la tecnosfera.

De acuerdo con el punto de vista general, se han presentado varias propuestas que informan efectivamente la conceptualización de sistemas técnicos:

- En el ámbito de la fabricación avanzada han surgido diversas propuestas que implican el desarrollo de sistemas técnicos que incorporen no sólo principios tecnológicos sino también consideraciones de viabilidad económica, respeto al medio ambiente y sostenibilidad social. En otras palabras, estas propuestas apuntan a crear procesos de fabricación que no sólo cumplan con los requisitos tecnológicos sino que también contribuyan a la eficiencia y el bienestar general de la sociedad, la economía y el medio ambiente.
- Las propuestas provenientes del campo de la fabricación bioinspirada abarcan la perspectiva de que la naturaleza sirve como una valiosa fuente de inspiración, un punto de referencia para la evaluación y un mentor guía. Este enfoque, busca aprovechar la sabiduría de los intrincados sistemas y procesos de la naturaleza para informar y mejorar las prácticas de fabricación. Al emular la notable capacidad de la naturaleza para adaptarse, optimizar la eficiencia y crear soluciones sostenibles, la fabricación bioinspirada ofrece una vía prometedora para avanzar en la innovación tecnológica y lograr métodos de producción más ecológicos:
  - El concepto de que la naturaleza sirve como modelo para la integración de la tecnosfera y la noosfera implica examinar y comprender los diversos componentes, estructuras y operaciones de la naturaleza con la intención de replicarlos o inspirarse en ellos. Este enfoque tiene como objetivo abordar los desafíos técnicos de una manera que sea respetuosa con el medio ambiente y capaz de ser sostenible a largo plazo. Al estudiar y

emular los diseños y procesos que se encuentran en la naturaleza, podemos abordar eficazmente problemas complejos y crear soluciones innovadoras que se alineen con los principios de sostenibilidad.

- La naturaleza puede utilizarse como punto de referencia o criterio para evaluar la calidad o excelencia de los procesos creados por los humanos. Al observar y estudiar los comportamientos estándar y el funcionamiento de la naturaleza, podemos obtener información sobre lo que funciona de manera efectiva y eficiente. La naturaleza sirve como punto de referencia, permitiéndonos medir el éxito o la eficacia de los procesos generados artificialmente en comparación con el mundo natural. Así como las cosas que funcionan correctamente en la naturaleza pueden considerarse exitosas, estos mismos principios pueden aplicarse al evaluar el éxito o la calidad de los procesos creados por el hombre.
- La naturaleza puede servir como un valioso mentor cuando se trata de proteger la biodiversidad y conservar los recursos para el futuro. Al considerar la naturaleza como fuente de inspiración, podemos adoptar un enfoque sinérgico para lograr los objetivos de la biomímesis y el desarrollo sostenible. Al emular las estrategias y sistemas que se encuentran en la naturaleza, podemos garantizar un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

En el ámbito de la industria existe una concentración de presupuestos anteriores, en el estudio de diversos modelos y paradigmas de fabricación que tienen como objetivo incorporar elementos naturales a los sistemas técnicos. El concepto de naturificación de sistemas técnicos tiene como objetivo establecer una conexión perfecta entre los sistemas técnicos y naturales, percibiéndolos como sistemas naturales desde el principio y creando una ecosfera sin interrupciones. Nos centraremos particularmente en enfoques o paradigmas que han recibido menos atención en términos de su impacto en los sistemas técnicos, con el objetivo de determinar si presentan oportunidades para conceptualizar sistemas técnicos desde una perspectiva natural.

### ***La Fabricación Limpia***

La Producción Limpia (CP) es un enfoque integral y continuo que tiene como objetivo mejorar la eficiencia y minimizar los riesgos tanto para los seres humanos como para el medio ambiente mediante la implementación de prácticas respetuosas con el medio ambiente en los procesos de producción, productos y servicios. Esta estrategia puede adoptarse en diversas industrias, abarcando la optimización de procesos, la mejora del diseño de productos y la mejora de los servicios prestados a la sociedad.

La implementación de la Producción Limpia en los procesos productivos, se traduce en importantes ahorros en materia de materias primas, agua, y energía. Además, supone la eliminación

de materias primas tóxicas y peligrosas y pretende minimizar la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos generados a lo largo del proceso productivo. La Producción Limpia también extiende su enfoque a los productos, con el objetivo de mitigar los impactos adversos ambientales, de salud y de seguridad a lo largo de todo su ciclo de vida. Esto incluye abordar la extracción de materias primas, el proceso de fabricación, el uso del producto y la disposición final del producto.

En el campo de la ingeniería de fabricación, existen varias áreas de enfoque dignas de mención. Una de esas áreas es la promoción de inversiones en manufacturas más limpias en los países en desarrollo. La Producción Limpia, implica integrar consideraciones ambientales en el diseño y prestación de servicios. La investigación sobre producción limpia abarca una variedad de temas, incluida su contribución a los requisitos de la norma ISO 14001, su papel en la promoción de la sostenibilidad y la asistencia a las industrias en la transición hacia prácticas más limpias y su relación con la gestión ambiental.

### ***La fabricación verde***

Existen numerosos enfoques que las instalaciones industriales pueden adoptar para mejorar los resultados ambientales de sus procesos de producción, comúnmente conocidos como fabricación ecológica. Estos enfoques incluyen reciclar materiales de desecho en lugar de comprar otros nuevos, mejorar la eficiencia de la producción al reducir el consumo de energía y agua, minimizar los costos ambientales, utilizar sustancias no tóxicas y priorizar la seguridad en el lugar de trabajo para reducir los impactos ambientales en las personas.

La fabricación ecológica implica emplear procesos de producción que utilizan recursos con impactos ambientales mínimos, alta eficiencia y generan poco o ningún desperdicio o contaminación. Hace hincapié en reducir la contaminación en su origen y minimizar los residuos desde el principio. La fabricación ecológica ofrece diversas ventajas, como la reducción de costes, el cumplimiento de la normativa medioambiental y la mejora de la imagen corporativa. Sin embargo, identificar y aprovechar estas oportunidades a menudo implica algo más que consideraciones tecnológicas. Requiere considerar el impacto ambiental y el consumo de recursos a lo largo de todo el ciclo de vida de un sistema, incluido el diseño de productos y procesos respetuosos con el medio ambiente.

### ***La fabricación sostenible***

La fabricación sostenible se refiere a la producción de bienes utilizando métodos que tienen efectos adversos mínimos sobre el medio ambiente, al mismo tiempo que conservan la energía y los recursos naturales. Además, estos productos deben garantizar la seguridad y el bienestar de los empleados, las comunidades y los consumidores, manteniendo al mismo tiempo la viabilidad económica.

## ***La Fabricación Lean Medioambiental***

La producción Lean, es una estrategia de producción que ha demostrado su eficacia en entornos industriales durante un período de tiempo significativo, se centra en aumentar la capacidad de respuesta del cliente y reducir el tiempo de entrega mediante la eliminación de desperdicios. El concepto de Lean Production se originó en 1988 y está estrechamente asociado con los principios del Sistema de Producción Toyota.

El éxito de las fábricas de Toyota en términos de eficiencia y eficacia jugó un papel importante en la popularización de la producción ajustada. Esta estrategia de producción se basa en los principios de producción Just-in-Time y mejora continua. Su principal objetivo es lograr una alta productividad y sincronización de la producción y la demanda en una amplia gama de productos.

Los cinco principios de Lean Production incluyen crear valor para el cliente, identificar el flujo de valor, crear flujos, producir solo lo que demanda el cliente y luchar por la perfección mediante la reducción continua de desperdicios. El desperdicio, tal como lo definen Womack y Jones, se refiere a cualquier cosa que no agrega valor a un producto desde la perspectiva del cliente. Los siete tipos principales de desperdicio identificados en el pensamiento Lean son defectos, inventario, sobreprocesamiento, espera, movimiento, transporte y sobreproducción.

## ***La remanufactura***

La fabricación de circuito es un método eficaz para preservar nuestros recursos naturales. A menudo se lo conoce como sistema de recuperación de productos de fin de vida útil (EoL)/fin de uso (EoU), que implica actividades como la recolección de productos usados (denominados "núcleos") para su reutilización, desmontaje y segregación de componentes valiosos del producto, remanufacturar de componentes, reciclar materiales y eliminar adecuadamente los residuos.

Cuando se habla de sistemas y productos técnicos respetuosos con el medio ambiente, se han explorado varios enfoques a lo largo de los años. Un enfoque que se desarrolló antes de la década de 1990 fue el reciclaje, cuyo objetivo era reducir las emisiones y el consumo de materias primas. Otro enfoque que surgió en los años noventa fue el rediseño de sistemas técnicos y productos existentes, como los sistemas modulares, que ayudaron a disminuir el consumo de energía. Desde el año 2000, se ha centrado en innovar en nuevos sistemas que sean más ecoeficaces y funcionales. Además, ha habido un cambio hacia la innovación de sistemas que brindan servicios en lugar de productos, conocido como servilización, con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores y agregar valor. Esta tendencia se considera el futuro de la fabricación sostenible.

En el contexto de la cadena de suministro de circuito cerrado, DfRem ha sido reconocido durante mucho tiempo como un facilitador fundamental para la remanufactura. La cadena de suministro de circuito cerrado generalmente se describe como compuesta por dos cadenas de

suministro distintas: la cadena de suministro directa y la cadena de suministro inversa. La cadena de suministro directa maneja el flujo de productos físicos desde los fabricantes a los clientes, mientras que la cadena de suministro inversa gestiona el flujo de productos usados desde los clientes a los remanufacturadores.

Estos dos flujos se integran perfectamente a través del proceso de remanufactura. El diseño para remanufactura, también conocido como DfRem, ha atraído una atención significativa en los últimos años debido a su profundo impacto en la eficiencia de los procesos de remanufactura. Sin embargo, a pesar de este creciente interés, la cantidad de literatura dedicada a DfRem sigue siendo relativamente baja, lo que deja un amplio espacio para una mayor exploración y contribución en este campo.

La remanufactura se refiere al proceso de restaurar un producto a su estado original, asegurando su perfecto funcionamiento y brindando garantía. Este proceso implica varios pasos, que incluyen clasificación, inspección, desmontaje, limpieza, reprocesamiento y reensamblaje. Cualquier pieza que no pueda restaurarse a su condición y calidad originales se reemplaza por otras nuevas, lo que da como resultado un producto remanufacturado que combina componentes nuevos y reutilizados.

### ***La fabricación preservadora de recursos***

Una herramienta y actividad fundamental utilizada en la implementación de ResCoM es la remanufactura. El concepto de ResCoM se puede aplicar a diferentes niveles y escalas. Puede implementarse a nivel de producto, como lo analizan Charter y Gray en su trabajo. Además, se puede aplicar a nivel organizacional o empresarial, como lo exploraron Mont, Dalhammar y Jacobsson. ResCoM también se puede implementar dentro de una cadena de suministro de circuito cerrado, como lo analizan Asif et al. y Ferguson y Souza. El concepto de fabricación conservadora de recursos, también conocido como ResCoM, fue introducido por primera vez por Asif en su publicación "Análisis del rendimiento de la cadena de suministro de circuito cerrado".

Asif presenta un modelo estratégico que se centra en conservar los recursos a lo largo de múltiples ciclos de vida del producto. Este modelo incorpora diversos aspectos de la cadena de suministro, modelos de negocio e implica la integración de los consumidores y otras partes interesadas relevantes. El objetivo de la fabricación que conserva los recursos es optimizar el uso de materiales y energía durante las fases de fabricación, uso y final de uso. Asimismo, también hace hincapié en la recuperación del valor del producto al final de su vida útil. En general, ResCoM ofrece un enfoque integral de fabricación que se centra en la conservación de los recursos. Reconoce la importancia de considerar todo el ciclo de vida del producto e involucra a varias partes interesadas para optimizar la utilización de recursos y maximizar el valor del producto. Al incorporar la remanufactura y considerar ResCoM en diferentes niveles, proporciona un marco que se puede adaptar a diversas industrias y contextos.

Al examinar las características de cada uno de estos componentes, se hace evidente que se necesita un paradigma para cumplir con los objetivos de las fábricas del futuro (FoF). Este paradigma debe incorporar diversos aspectos que se consideran importantes, tales como:

- Un análisis y síntesis integral que considere diferentes perspectivas, niveles, flujos y etapas del ciclo de vida.
- La integración de la sostenibilidad distribuida y multinivel para abordar el problema de la fractura metabólica manteniendo la complejidad al mínimo.
- Reconocer la naturaleza dual de estos componentes como un todo y una parte, abarcando tanto productos como procesos.
- Enfatizar una naturaleza fractal y ubicua para reducir la complejidad de los sistemas de fabricación.
- Promover la cooperación y colaboración entre entidades dentro del paradigma y con entidades externas para adaptarse al entorno caótico y en constante cambio.
- Fomentar la autonomía y la autoafirmación de las unidades individuales dentro del paradigma para crear ambientes innovadores, armoniosos y estables.
- Incorporar la autorregulación y la autoorganización para asegurar la variedad necesaria dentro de la empresa y sus entidades, integrándose perfectamente con el entorno natural.
- Tener la capacidad de manejar la complejidad utilizando la variedad requerida. A la luz de las deficiencias identificadas, es crucial proponer una Arquitectura de Referencia que organice las entidades en relación con la tecnosfera, la naturaleza y la noosfera. Esta arquitectura también debería utilizar facilitadores tecnológicos inteligentes para abordar las debilidades observadas en los modelos actuales.

### **Tecnosfera: modelado**

El estudio de los organismos vivos, el entorno que los rodea y los ecosistemas ha sido durante mucho tiempo un área de interés e inspiración para los investigadores. Este campo, conocido como biomimetismo, consiste en imitar la naturaleza para hacer compatibles los sistemas humanos con la biosfera. La naturaleza no solo nos inspira, sino que también proporciona información valiosa sobre las estructuras, los materiales, los procesos, la utilización de recursos y la optimización funcional que se pueden aplicar en diversos campos, como la energía, la tecnología, la robótica y la innovación de productos.

A lo largo de millones de años, la naturaleza ha evolucionado continuamente, resolviendo con éxito desafíos y garantizando la sostenibilidad y eficacia de especies e individuos. Los ingenieros de diseño buscan en la naturaleza ideas sobre cómo transformar los sistemas técnicos

incorporando estrategias como la mutación, la aparición, la recombinación, la derivación, la simbiosis y el mutualismo. Al combinar y reorganizar soluciones existentes, alterar entornos o condiciones de uso y promover alianzas y cooperación, los ingenieros pueden encontrar nuevas soluciones inspiradas en la naturaleza.

Esta sección se centra en el diseño bioinspirado y su aplicación en procesos de fabricación sostenibles, tomando como referencia los sistemas naturales. La propuesta de sistemas técnicos bioinspirados tiene como objetivo mejorar las soluciones sostenibles aprovechando el conocimiento acumulado por la naturaleza durante millones de años. En el ecosistema productivo natural todo se recicla, el flujo de materia se mantiene mediante energías renovables y las sustancias introducidas son inofensivas y no tóxicas. Este sistema natural opera de la manera más eficiente, óptima y adaptada al contexto. El diseño bioinspirado, desde una perspectiva general, introduce un conjunto de principios derivados de soluciones observadas en sistemas naturales. Los principios guían la configuración de soluciones de diseño de productos y sistemas técnicos.

En situaciones en las que surge un problema, las personas suelen buscar inspiración y guía en la naturaleza. Al examinar cuidadosamente las relaciones e interacciones entre diferentes elementos dentro de un entorno natural, se pueden obtener conocimientos valiosos sobre posibles soluciones. Luego se evalúa exhaustivamente la viabilidad de estas soluciones dentro del contexto del entorno natural y se determina su aplicabilidad para cumplir con los criterios técnicos o de procedimiento requeridos. Al aprovechar la sabiduría de la naturaleza, las personas pueden abordar desafíos de manera efectiva y desarrollar enfoques innovadores para la resolución de problemas.

### ***Los enfoques bioinspirados***

Existen varios enfoques para el diseño biomimético, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Estos enfoques pueden tener distintos impactos en la sostenibilidad general. Algunos autores utilizan el biomimetismo como medio para aumentar la sostenibilidad de sus creaciones, mientras que otros lo utilizan puramente con fines innovadores. En términos de fabricación, se pueden aplicar enfoques bioinspirados a la cadena de suministro sostenible, la robótica, la nanotecnología, el modelado 3D para una fabricación rápida, y sistemas de producción evolutivos. Un aspecto del biomimetismo que incorpora la sostenibilidad es la ecología industrial, que incluye modelos como Cradle to Cradle (C2C) o enfoques de ciclo cerrado a nivel comunitario, inspirándose en las cadenas alimentarias y los sistemas vivos. Aunque rara vez se utiliza, la teoría de los sistemas vivos es un enfoque potencial por considerar para estudiar su aplicación en sistemas técnicos.

### ***La ecología industrial***

La Ecología Industrial (EI) es un marco multidisciplinario que busca comparar y combinar el funcionamiento de los ecosistemas industriales con los ecosistemas naturales, enfatizando la

interconexión entre las industrias, el entorno social y natural, y el objetivo de cerrar el ciclo de materiales y aumentar la eficiencia de los procesos internos. Al adoptar un enfoque basado en las relaciones entre industrias, el objetivo es lograr un nivel cero de residuos reutilizando los subproductos y residuos de una industria como materia prima para otras, reflejando la interconexión de los ecosistemas naturales.

El objetivo final de la Ecología Industrial es comprender los principios organizativos de los ecosistemas naturales y aplicar estos principios para reestructurar la base industrial, optimizando la gestión de los flujos de materiales y energía mediante la utilización de los recursos de manera más eficiente. Además, se intenta establecer una analogía entre los ciclos técnicos y naturales, destacando las similitudes en el flujo de materiales y el énfasis en el reciclaje en ambos sistemas. Asimismo, los flujos de energía dentro de estos sistemas se comparan con las cadenas alimentarias en los ecosistemas naturales, siendo la energía del sol el principal insumo del sistema.

Desde una perspectiva técnica, los ecosistemas industriales están formados por organismos representados por plantas industriales, que pueden actuar como consumidores o descomponedores de primer o segundo orden. Esto significa que las relaciones e interacciones observadas en los ecosistemas naturales pueden reflejarse en los ecosistemas industriales, proporcionando información sobre el funcionamiento y las interdependencias de diferentes plantas industriales dentro de un ecosistema técnico determinado.

El campo de la Innovación Ambiental (IE) ha ido evolucionando y redefiniéndose continuamente desde sus inicios. Hoy en día, abarca diversos aspectos como la responsabilidad social corporativa, el consumo responsable, la producción y el transporte sostenibles, la economía ambiental y ecológica, y más. La aplicabilidad de la IE se extiende a diversos sectores, incluidos la agricultura, el turismo, la economía, la gestión energética y muchos otros.

Esta naturaleza dinámica de la IE requiere la utilización de nuevas herramientas y enfoques para comprender y abordar sus complejidades. Algunas de estas herramientas incluyen el estudio de sistemas complejos, el empleo de metodologías de redes sociales, el análisis de escenarios, la aplicación de la teoría de sistemas ecológicos, etc. Un área particular de atención dentro de la IE es el enfoque bioinspirado de los sistemas técnicos, que abarca parques ecoindustriales, ecoindustrias y procesos de ecofabricación.

Los sistemas están diseñados a partir de las analogías encontradas en las redes tróficas de los ecosistemas naturales, así como de los principios de ciclicidad, toxicidad (inocuidad) y eficiencia o ecoeficacia en el flujo de energía, agua y sustancias. Al inspirarse en el mundo natural, los ecosistemas industriales pueden replicar los procesos llevados a cabo por los organismos en los ecosistemas naturales. Esto significa que las plantas industriales pueden clasificarse como productoras, consumidoras o descomponedoras de primer o segundo orden, similares a los organismos dentro de las cadenas tróficas de los ecosistemas naturales.

El concepto de ecosistemas técnicos basados en redes alimentarias implica un profundo interés por estudiar las relaciones entre los diferentes seres vivos dentro del ecosistema. Esto incluye analizar las interacciones entre procesos o plantas industriales, así como las interacciones entre seres vivos de diferentes especies que conviven dentro del ecosistema. De particular interés son las relaciones simbióticas que ocurren entre diferentes especies.

Los investigadores han desarrollado herramientas, como el Análisis de Redes Ecológicas (ENA), que son muy valiosas para analizar y modelar los procesos metabólicos dentro de los ecosistemas. Estas herramientas han sido ampliamente discutidas en publicaciones, incluidas revistas de alto impacto en ciencia e ingeniería de fabricación, como la revista ASME. Estas publicaciones exploran cómo se pueden aplicar principios ecológicos para mejorar la ciclicidad de la materia en las redes de fabricación.

Para comprender la relación entre la estructura y el comportamiento de los sistemas ecológicos se han desarrollado varias métricas. Los ecólogos suelen utilizar medidas y métricas estructurales, que pueden calcularse utilizando matrices binarias que indican la presencia o ausencia de relaciones entre diferentes actores dentro del ecosistema. Al asignar "ceros" y "unos" para representar la ausencia o presencia de relaciones, los investigadores pueden obtener información sobre la estructura y la dinámica de los sistemas ecológicos.

Los ecólogos suelen confiar en métricas específicas para evaluar las cadenas alimentarias, también conocidas como FW (Food Chain). Estas métricas han sido esbozadas y discutidas en diversos estudios realizados :

- El número de especies o actores, denominado  $N$ , se refiere al recuento total de individuos u organismos presentes en una red. Este concepto a menudo se denomina "riqueza de especies". Se puede calcular determinando el número de filas y columnas de la matriz de la cadena alimentaria, simbolizada como  $F$ .
- El número de enlaces ( $L$ ) en una red se refiere al recuento total de conexiones o interacciones directas entre los actores. Esto se puede representar mediante el número total de interacciones no vacías en la matriz  $[F]$ .
- La densidad de enlaces, también conocida como  $L_d$ , se refiere a la proporción de enlaces presentes en una red en relación con el número total de agentes dentro de esa red. Se calcula dividiendo el número total de enlaces por el número total de agentes.
- El número de represas, también conocidas como presas, es una medida de los actores dentro de un sistema que son consumidos por al menos otro actor. Esto está representado por el número de filas no nulas en la matriz  $[F]$ . En una red industrial, el término "presa" se utiliza para describir entidades que transfieren material o energía para ser utilizado por otros actores dentro del sistema. Esencialmente, estos actores presa actúan como productores

dentro de la red, proporcionando los recursos necesarios para el funcionamiento de otros actores.

- El número de depredadores, también conocidos como depredadores, se refiere a los actores dentro de una red industrial que consumen otros organismos. Esto se puede representar por el número de columnas distintas de cero en la matriz [F]. Los depredadores en este contexto son esencialmente consumidores, ya que reciben materia o energía de otros organismos dentro de la red.
- La relación presa-depredador, también conocida como Pr, se refiere a la conexión entre la cantidad de individuos consumidos por un depredador y la cantidad de individuos que son consumidos por su presa. En otras palabras, representa la proporción de interacciones presa-depredador o productor-consumidor dentro de un ecosistema determinado. Esto se puede calcular dividiendo el número de filas no nulas en la matriz [F] por el número de columnas no nulas.
- La fracción de depredadores especializados (Ps) se refiere a la proporción de depredadores en una red que consumen exclusivamente un solo tipo de presa. Se calcula dividiendo el número de depredadores que tienen un solo tipo de presa por el número total de depredadores en la red. Esto se puede determinar sumando el número de columnas de la matriz [F] que contienen solo un elemento distinto de cero y dividiéndolo por el número total de columnas que tienen elementos distintos de cero.
- La generalización (G) se refiere al número promedio de presas que consumen los depredadores en una red. Esto se puede comparar con el número promedio de productores que interactúan con un consumidor en una red industrial. Para calcular G, se deben sumar los valores en las columnas de una matriz [F] y luego dividir esa suma por el número de columnas que contienen elementos no nulos. Básicamente, esto representa la proporción entre depredadores y consumidores en la red.
- La vulnerabilidad (V) es una medida que cuantifica el número promedio de depredadores por presa en una red. En el contexto de una red industrial, representa el número promedio de consumidores que interactúan con un productor. Esta medida se obtiene sumando los valores en cada fila de una matriz [F] y luego dividiendo el total por el número de filas que contienen elementos no nulos, lo que equivale al número de presas o productores en la red.
- La ciclicidad ( $\lambda_{max}$ ) es una métrica que cuantifica la intensidad y prevalencia de las vías cíclicas dentro de un sistema determinado. Esta medida se obtiene determinando el valor propio real más alto de la matriz transpuesta [F].

Las ecuaciones que representan las fórmulas de estos parámetros establecen una relación entre los actores en las filas y columnas de una matriz. Los cálculos realizados por estas ecuaciones

se basan en información binaria, determinando si existe un vínculo entre dos actores. Esta característica hace que estas métricas sean muy adecuadas para analizar redes de fabricación, ya que eliminan la necesidad de obtener datos patentados de materiales y energía de los fabricantes.

En el contexto de los ecosistemas, los descomponedores como gusanos, hongos y bacterias desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica muerta y la distribución de nutrientes por todo el sistema. A menudo se les llama los "recicladores de la biosfera". Este proceso de descomposición y redistribución crea una estructura cíclica y fija que puede cuantificarse utilizando la ciclicidad como métrica ecológica. Estas métricas ecológicas también se pueden aplicar a los sistemas técnicos industriales, particularmente a los parques industriales (EIP).

### ***La manufactura en el ciclo cerrado***

Este enfoque particular está fuertemente influenciado por el ecosistema natural y tiene en cuenta varios aspectos como procesos, funciones, materiales y sustancias. El concepto de Cradle to Cradle (C2C) se introdujo por primera vez en 2002 mediante la publicación del libro "Cradle to Cradle: rediseñando la forma en que hacemos las cosas" de Michael Braungart y William McDonough. Más recientemente, en 2013, McDonough amplió aún más este concepto con su publicación "El ciclo ascendente: hacia un diseño sostenible para la abundancia". Desde la introducción del término C2C, se han producido aportaciones destacadas desde la perspectiva del diseño, como la publicación "Ecodiseño: ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C)" de Aguayo et al.

El marco C2C, introducido por William McDonough en 2002, establece dos metabolismos distintos para plantas, procesos y productos industriales. Estos metabolismos se clasifican en nutrientes biológicos y nutrientes técnicos. Los nutrientes biológicos son aquellos que pueden integrarse en los ciclos biogeoquímicos naturales, permitiendo su degradación e incorporación nuevamente a la biosfera.

Por otro lado, los nutrientes técnicos contribuyen a un metabolismo técnico dentro de la tecnosfera, donde los materiales se degradan y reincorporan a través de procesos de subreciclaje y de reciclaje superior en plantas de fabricación inversa. El enfoque C2C busca alinear las prácticas de fabricación con la naturaleza, promoviendo la sostenibilidad ambiental y ofreciendo una oportunidad para reparar los daños a la biosfera. Este paradigma, se distingue de otras propuestas de sostenibilidad a través del concepto de ecoeficacia. A diferencia del concepto de ecoeficiencia, que se centra en minimizar los efectos negativos, la ecoeficacia enfatiza tanto en hacer las cosas correctas como en maximizar los efectos positivos.

### ***El modelo de apropiación por fabricación***

Basado en el análisis sociohistórico, se ha desarrollado un modelo integral para comprender cómo las sociedades han utilizado y transformado históricamente los recursos naturales. Este modelo explora la intrincada relación entre la naturaleza y la sociedad, destacando dos dimensiones distintas: lo material (visible) y lo inmaterial (invisible). El concepto de metabolismo social abarca todo el proceso, desde el momento en que las sociedades humanas adquieren y utilizan colectivamente materiales y energía de la naturaleza (entrada) hasta la eliminación de residuos y emisiones en espacios naturales (salida).

Durante este proceso se producen diversos flujos y transformaciones internas que, en última instancia, conducen al consumo de estos recursos. Este complejo metabolismo social se puede dividir en tres tipos de flujos de energía y materiales: flujos de entrada, flujos internos y flujos de salida. Para comprender mejor este proceso, es importante considerar cinco fenómenos clave: apropiación, transformación, circulación, consumo y excreción.

La apropiación, representada por la letra "A", es el intercambio fundamental entre la sociedad humana y la naturaleza. A través de esta apropiación, la sociedad obtiene acceso a materiales, energías, agua y servicios esenciales necesarios para las necesidades individuales y colectivas. Este proceso de apropiación lo llevan a cabo diversas entidades, como organizaciones, plantas industriales, comunidades o incluso individuos individuales.

El proceso de transformación (T), se refiere a los diversos cambios que se producen en los productos naturales que ya no se consumen en su estado original. Esto puede incluir una variedad de actividades como metalurgia, industria nuclear, biotecnología, petroquímica, nanotecnología y más. Otro aspecto importante del proceso de transformación es el proceso de circulación, o C, que ocurre cuando las unidades de producción ya no consumen todo lo que producen y producen todo lo que consumen.

Esto lleva a que se produzca un intercambio económico. Es crucial señalar que toda la sociedad está involucrada en el proceso de consumo, independientemente de su posición dentro de la cadena metabólica. Esto puede entenderse examinando la relación entre las necesidades humanas, que están social e históricamente determinadas, y los satisfactores proporcionados a través de los procesos de apropiación (A), transformación (T) y circulación (C). Además, el proceso de excreción, o E, implica el acto de la sociedad de desechar materiales y energía de regreso a la naturaleza, incluida la basura, las emisiones, los gases, las sustancias y el calor. Una vez más, toda la sociedad está involucrada en este proceso, junto con todos los demás procesos metabólicos. Este modelo propuesto es de gran valor para analizar el metabolismo social e industrial, así como para caracterizar los procesos del metabolismo industrial, agrario y urbano.

### ***La teoría de los sistemas vivientes***

El enfoque de los sistemas de fabricación basados en sistemas vivos tiene como objetivo diseñar productos y procesos de fabricación de una manera que imite los procesos metabólicos que se encuentran en los seres vivos. Si bien actualmente no existe ninguna publicación que se centre específicamente en la aplicación de la teoría de los sistemas vivos a los sistemas de fabricación, estudiar esta teoría y comprender su aplicabilidad a los sistemas de fabricación es de gran interés, especialmente en el contexto de la arquitectura ecológica que se analizará más adelante. La Teoría de los Sistemas Vivos (LST) puede verse como un ejemplo de la Teoría de los Sistemas Vivos de Bertalanffy, que fue desarrollada para integrar estudios científicos y teóricos en diversos campos como la biología, la psicología, la neurología, las ciencias sociales, la economía y la gestión. LST sirve como una teoría unificada de la ciencia que explora la estructura jerárquica de los sistemas vivos.

Curiosamente, esta teoría también se puede aplicar a entidades no vivas, ya que existen similitudes comparables entre sistemas vivos y no vivos. Sobre la base de la Teoría de los sistemas vivos de Miller, se desarrolla un marco integral que proporciona un esquema general o plantilla para modelar sistemas vivos, desde células individuales hasta el mundo entero. Si bien este esquema no necesariamente dicta cómo se debe modelar un sistema vivo, sirve como una ayuda valiosa para garantizar que no se pasen por alto aspectos importantes del sistema durante el proceso de modelado.

### ***La Propuesta Eco-holónica***

#### ***El Eco-holón***

Un sistema holónico, ya sea en el contexto de la fabricación o en general, puede estar ubicado en un área específica o distribuido en varios lugares. Está diseñado para integrarse con otros holones dentro de los ecosistemas naturales y, en esencia, posee una estructura y procesos metabólicos asociados. Esta estructura ontológica es holónica, lo que significa que es comparable a estructuras biológicas o fractales. La estructura holónica puede verse como una entidad físico-bio-psicosocio-cultural.

Esta arquitectura es necesaria para lograr la variedad requerida y adaptarse a entornos dinámicos mediante mecanismos como filtrado y amplificadores de variedad. El concepto central de esta arquitectura Eco-holónica es el ECO-HOLON. Un Eco-holon es un holón que ha alcanzado un equilibrio evolutivamente estable con los dominios de colaboración y cooperación, logrado mediante la acción dialéctica. Puede entenderse como una referencia biónica a un organismo que está integrado de manera armoniosa y estable dentro de los dominios de colaboración. Esta integración permite al Eco-holon transformar la materia, la energía y la información que lo constituyen, dándole propósito como ser vivo y facilitando su coevolución con el medio ambiente.

Cada Eco-holon posee una serie de propiedades que ahora describiremos brevemente. Estas propiedades son importantes y contribuyen al funcionamiento general de los Eco-holons.

- Un Eco-holon, es un concepto que representa un todo o una parte. Puede existir como una entidad independiente o estar interconectada con otros Eco-holones y Ecoholarquías, creando una red de colaboración. Estas entidades interconectadas forman una interacción armoniosa, trabajando juntas en dominios de colaboración. Además, están integrados en varias escalas y niveles, asegurando un equilibrio dinámico en su funcionamiento.
  - Todo se compone de varios dominios de cooperación que cambian la materia, la energía y la información de una manera que depende del contexto específico en el que se integran. Esta integración se produce a través de una colaboración basada en requisitos y oportunidades que están regulados y controlados.
  - En su función, el Eco-holon se incorpora perfectamente a varios dominios colaborativos junto con otros Eco-holons, formando colectivamente un ecosistema holónico. Dentro de este sistema interconectado, el Eco-holon participa activamente en detectar su entorno, recopilar información valiosa y ejecutar acciones que luchan por la estabilidad y la sostenibilidad a largo plazo.
- Un Eco-holon es una entidad autónoma que posee la capacidad deliberada de desarrollar y gobernar sus propios planes o estrategias de manera autorregulada, guiada por principios de vida e inteligencia.
- Un Eco-holon, se refiere a una entidad colaborativa que está intrincadamente conectada a uno o más dominios de colaboración dentro de Eco-holarquías de nivel superior, creando un Eco-holon de nivel  $n+1$  más complejo. holarquía. La integración del Eco-holon en estos dominios es una característica definitoria, destacando su papel como parte constitutiva. No se puede subestimar la importancia del contexto local, ya que juega un papel fundamental en la configuración del Eco-holon. Este contexto abarca una variedad de factores, incluida la disponibilidad de recursos materiales locales, los valores predominantes y el tejido cultural de la comunidad. Es dentro de este contexto local donde el Eco-holon encuentra soluciones para abordar desafíos específicos, aprovechando las oportunidades únicas que existen.
- Un Eco-holon puede describirse como una entidad colaborativa que combina múltiples Eco-holons y opera en un nivel por debajo del nivel más alto, denominado  $n-1$ . En este nivel, un grupo de entidades trabajan juntas para crear e implementar estrategias efectivas para cumplir un propósito específico. Los esfuerzos de colaboración de estas entidades dan lugar a cualidades y capacidades nuevas y únicas dentro del Eco-holon. Esta característica de cooperación es fundamental para el funcionamiento y la naturaleza general del Eco-holon, influyendo en todos los aspectos de su existencia.

- Un Eco-holon posee una característica conocida como autoafirmación. Este atributo permite a un Eco-holon ejercer influencia e imponer sus propios patrones de comportamiento, modos de interacción, conceptos, estándares o ideas sobre otros Eco-holons para formular y ejecutar planes. Esta autoafirmación es un reflejo directo de la naturaleza autopoietica inherente a los Eco-holons.
- El Eco-holon posee capacidades notables que le permiten adaptarse y regularse para mejorar su resiliencia. Tiene la capacidad de modificar sus métodos de cooperación, colaboración y autoafirmación, lo que le permite funcionar y perdurar eficazmente en diversos entornos. La adaptabilidad puede manifestarse tanto interna como externamente dentro del holón. Uno de los resultados clave de esta autorregulación es el desarrollo de la resiliencia y la capacidad de regenerarse, evitando así la destrucción de los ecosistemas en los que opera. Estas estrategias pueden establecerse mediante la aplicación de principios de vida, sistemas adaptativos complejos (CAS), la variedad Ashby y una combinación de enfoques de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.
- El Eco-holon, puede describirse tanto como un producto como un proceso. Es una entidad que se compone de otros eco-holones (también conocidos como procesos) y participa en la transformación de material, energía e información. Además, el eco-holon opera dentro de dominios de cooperación, donde tienen lugar los procesos, y dominios de colaboración, donde ocurren acciones e implementaciones. Esta interacción entre los dominios de cooperación y colaboración da lugar a la naturaleza dinámica del eco-holon en su conjunto, en constante evolución y adaptación a través de la resiliencia.
  - El estudio de las Ecoholarquías se puede realizar en múltiples niveles o escalas, lo que permite una comprensión integral del sistema. Este enfoque permite a los investigadores analizar las relaciones e interacciones entre los diversos Eco-holones dentro del sistema, así como el funcionamiento y la dinámica general del sistema en su conjunto. Al examinar los diferentes niveles o escalas de las ecoholarquías, los investigadores pueden obtener información sobre cómo funciona el sistema y cómo se puede mejorar u optimizar aún más. El concepto de Eco-holar, se refiere a una colección de Eco-holones dentro de un sistema de Eco-holones. Estos Eco-holones se pueden clasificar en el dominio de Cooperación o en el dominio de Colaboración. En el ámbito de la Cooperación, los Eco-holons trabajan juntos para transformar la materia, la energía y la información. Por otro lado, el dominio de Colaboración consta de Eco-holones que se integran con el sistema Eco-holon como parte, formando dominios de cooperación con otros Eco-holones.
  - El ciclo de vida del Holón, profundiza en las intrincadas etapas por las que atraviesa esta entidad. El Eco-holon tiene en cuenta las complejidades de su estructura y flujos, así como los distintos niveles de especificidad que posee. Dependiendo de su nivel de

concreción o especialización, el Holon puede verse como una entidad distinta, parcial o global. Además, el ciclo de vida del Holon incorpora conocimiento tanto implícito (biológico) como explícito (psicológico), lo que influye en sus enfoques estratégicos, marcos procesales, mecanismos de aprendizaje y autorregulación.

- La Holonomía, se refiere al proceso por el cual un Eco-holon genera y encarna las diversas características asociadas con ser una entidad Eco-holónica, estableciendo así su carácter distintivo e individualidad.

Después de presentar los conceptos básicos de las estructuras eco-holónicas, que se inspiran en diversos aspectos de la biología, la psicología, la sociología y la cultura, se hace evidente que estas estructuras sirven como bloques de construcción fundamentales para la arquitectura sostenible, lo que lleva al desarrollo de las estructuras eco-holónicas. Las investigaciones en este campo han enfatizado la importancia de la sostenibilidad, está claro que para lograrlo, es preciso emular a la naturaleza y crear una conexión perfecta entre el mundo tecnológico y el mundo natural, basada en los principios de la vida y la inteligencia. Esto pone de relieve la importancia del diseño biónico o biomimesis como estrategia fundamental para implementar y evaluar la sostenibilidad y su eficacia.

El modelo propuesto, por lo tanto, abarca diferentes perspectivas de Eco-holarquía, que a su vez se componen de Eco-holones u organizaciones Eco-holónicas más pequeñas. Cada Eco-holon funciona como una unidad independiente que lleva a cabo procesos específicos de acuerdo con su experiencia, al mismo tiempo que colabora con otros Eco-holons para garantizar la ejecución exitosa de todos los procesos necesarios para la producción de productos y la prestación de servicios.

Para modelar y estudiar eficazmente los enfoques bioinspirados de esta arquitectura ecológica, es crucial comprender sus diversas dimensiones y niveles que sirven como niveles distintos de análisis que se explorarán para descubrir sus características bioinspiradas inherentes:

- La Ecoholarquía de nivel N+1 se refiere a un sistema que abarca el dominio colaborativo e incorpora los requisitos ecológicos necesarios. Esto es particularmente relevante en la industria manufacturera, ya que puede compararse con el nivel macroholónico o la cadena de suministro.
- Un Eco-Holón de nivel N sirve como enlace o interfaz de conexión que facilita la transición suave y el intercambio de información entre los niveles N-1 y N+1 dentro del sistema holónico ecológico. En el contexto del campo de Manufactura, este Eco-Holón puede compararse con el Nivel meso-holónico u Organización, desempeñando un papel crucial en la coordinación y organización de diversos procesos y operaciones.

- La Ecoholarquía de nivel N-1 se refiere al dominio cooperativo y las competencias o capacidades del sistema Ecoholónico. Este nivel se puede comparar con el nivel microholónico o del sistema de fabricación en el campo de fabricación.

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar modelos de referencia para sistemas técnicos sostenibles bioinspirados estableciendo conexiones entre los sistemas naturales y la tecnosfera. Al transponer los sistemas de fabricación a sistemas técnicos naturales y adoptar enfoques bioinspirados, podemos integrar eficazmente la naturaleza en nuestra sociedad. La teoría nos permite modelar metabolismos utilizando cadenas tróficas que se encuentran en los ecosistemas y también proporciona métricas simples para evaluar y valorar estos sistemas.

El objetivo final es naturificar la tecnosfera y acercar la naturaleza a la sociedad a través de un sistema técnico. Uno de los componentes clave de la Eco-holarquía del sistema de fabricación es el Eco-holón de diseño para la Sostenibilidad, que se centra en encontrar soluciones bioinspiradas para garantizar que la variedad de sistemas de fabricación dentro de la tecnosfera contribuya a la sostenibilidad. El Eco-holon de Diseño Sostenible busca establecer un genoma o conjunto de genes que promuevan soluciones de diseño bioinspiradas, similares a las que se encuentran en los sistemas vivos, para lograr la sostenibilidad en la fabricación.

### **Fractura Metabólica**

La tecnosfera, que representa los sistemas creados por el hombre, utiliza los recursos naturales y los transforma en productos manufacturados. Sin embargo, los resultados derivados de este proceso no pueden ser asimilados por los procesos naturales, lo que lleva a un desequilibrio en el intercambio de materia y energía. Este desequilibrio da lugar a la primacía del metabolismo social sobre el metabolismo natural, separando a la sociedad y la naturaleza en dos sistemas independientes dentro de la ecosfera: la biosfera (naturalesfera) y la tecnosfera.

El concepto de fractura metabólica tiene su origen en los modos de intercambio conocidos como metabolismo social, que rigen el flujo de recursos entre los humanos y la naturaleza. Estos recursos, también conocidos como capital natural, son cruciales para las actividades económicas y el crecimiento a largo plazo de la sociedad. Sin embargo, la búsqueda de beneficios económicos a menudo conduce a actividades industriales sin una consideración adecuada de sus consecuencias naturales y sociales.

En general, la evolución de la industria y su impacto en el medio ambiente ha resultado en una fractura metabólica entre la sociedad y la naturaleza. Esta fractura ha causado importantes daños y desequilibrios dentro de la ecosfera, lo que ha llevado a la necesidad de un enfoque más sostenible de las actividades industriales. Con el tiempo, la industria y sus instalaciones han experimentado importantes desarrollos para satisfacer la demanda de productos, servicios y

sistemas de la sociedad. Esta evolución se remonta a la Revolución Industrial, que tuvo un profundo impacto en el planeta.

El sistema capitalista, con su economía lineal, ha alterado el equilibrio natural entre naturaleza y sociedad, provocando lo que se conoce como fractura metabólica. Este término, acuñado por Marx, hace referencia al desequilibrio en el intercambio de materia y energía entre la sociedad y la naturaleza. Por el contrario, el capital natural de los ecosistemas, que abarca el intercambio de materia y energía entre los seres vivos y el medio ambiente, opera de forma inofensiva y sostenible. Respeta las estructuras y los recursos naturales en general.

Por otro lado, el capital social, con su estructura de intercambio única, coloca a los humanos en una posición superior respecto a otros seres vivos. Esto desconecta a la sociedad de los procesos eficientes y equilibrados característicos de la biosfera. A lo largo del siglo XIX y principios del XX, la brecha entre la biosfera y la tecnosfera siguió ampliándose. Esta expansión tuvo como resultado varios impactos negativos, incluida la sobreexplotación y el agotamiento de los recursos naturales y humanos. Las consecuencias de estas acciones incluyen una mayor contaminación atmosférica, acuática y terrestre, efectos perjudiciales para la salud humana, cambios en la usabilidad del suelo, deforestación y explotación de fuentes de energía no renovables.

El desequilibrio actual entre el capital natural y social es el resultado de varios factores que incluyen las complejas relaciones jerárquicas que explotan los recursos, la fuerte dependencia de los recursos naturales impulsada por la demanda del mercado y la ineficiencia del trabajo y los procesos productivos que tratan a los humanos como meros recursos. El origen de esta fractura metabólica puede estar directamente vinculado a la industria, y es crucial que el concepto de trabajo y actividad productiva se responsabilice de abordar el impacto social y ambiental. En consecuencia, ha surgido un nuevo movimiento "sostenible", centrado en comprender cómo explotar responsablemente el medio ambiente y utilizarlo como un activo valioso para el crecimiento y la evolución, alineándose con el mundo natural y sus recursos que son vitales para su propio progreso.

### ***La sostenibilidad***

El fenómeno de la fractura metabólica es consecuencia de una explotación excesiva de los recursos y de una desconexión entre los procesos productivos y la naturaleza. Para abordar esta cuestión, existe un reconocimiento cada vez mayor de la necesidad de un desarrollo sostenible, con el marco del Triple Resultado sirviendo como estrategia operativa para mitigar la fractura metabólica. Al adoptar este enfoque, las empresas y organizaciones pueden esforzarse por lograr una relación más equilibrada y armoniosa entre la tecnosfera y el medio ambiente natural, garantizando en última instancia el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

La noción de "satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras" (como lo afirmó la ONU en 1987) requiere un cambio fundamental en la mentalidad de las personas involucradas en la industria y sus procesos asociados. Requiere un paradigma cuyo foco esté en mitigar los impactos causados por la tecnosfera, alineando los procesos más estrechamente con la naturaleza y logrando un equilibrio entre los factores ambientales, económicos y sociales.

A medida que la sociedad reconoce la importancia crucial del desarrollo sostenible como eje central para abordar la fractura metabólica, el concepto marxista original ha evolucionado hacia una estrategia práctica conocida como Triple Bottom Line (también conocida como Triple E o 3E). El concepto de fractura metabólica es un resultado directo de la explotación generalizada de los recursos naturales y la creciente distorsión de los procesos productivos y las industrias en su conjunto.

Esta tendencia se ha vuelto particularmente prominente desde el advenimiento de la Segunda Revolución Industrial, que marcó el comienzo de la producción en masa y posteriormente incrementó el consumo de recursos a niveles que exceden con creces las capacidades de nuestro entorno natural. El enfoque Triple Bottom Line abarca una perspectiva holística que busca evaluar el éxito de una empresa u organización en función de su desempeño en tres áreas clave: sostenibilidad ambiental, viabilidad económica y responsabilidad social. Este marco reconoce que lograr el éxito y la resiliencia a largo plazo requiere considerar no solo el resultado financiero, sino también los impactos ambientales y sociales de las actividades.

Al adoptar el enfoque del Triple Resultado, se alienta a las empresas y organizaciones a evaluar sus prácticas y operaciones a través de una lente multidimensional. Esto significa contabilizar la huella ecológica y las emisiones de carbono asociadas a los procesos productivos, así como considerar las implicaciones sociales y económicas de sus acciones. El objetivo es encontrar soluciones innovadoras que beneficien simultáneamente al medio ambiente, la sociedad y la economía, con el objetivo final de reducir la fractura metabólica que afecta a nuestro mundo moderno.

Una vez establecido el objetivo del desarrollo sostenible, que se centra en reducir y eliminar la fuente del daño y al mismo tiempo crear valor a partir de esta situación, se produce una transformación de las estrategias sostenibles, que marca el comienzo del cambio. La sociedad toma conciencia del problema medioambiental que nos ocupa y de su importante escala. En el sector industrial, se están comenzando a establecer leyes para el control de la contaminación y se están implementando tecnologías de "final de proceso" para capturar la contaminación y evitar su dispersión en el medio ambiente.

Asimismo, surgen estrategias proactivas que proponen la prevención de la contaminación, más allá de la mera eficiencia y control de los procesos productivos, con el objetivo de cerrar el

ciclo de vida del producto erradicando los efectos derivados de sus causas. El enfoque actual de la fabricación de productos se centra en este aspecto, donde la progresión hacia esta perspectiva transforma la sostenibilidad en un concepto dinámico y multifacético. Su objetivo de reducir y eliminar los impactos (tanto causas como efectos) está asociado a tres dimensiones fundamentales que tienen igual importancia en su evaluación: económica (la rentabilidad y viabilidad técnica del negocio), ecológica (la compatibilidad de las actividades con el medio ambiente y su ciclos) y equidad (la consideración de la calidad de vida y el bienestar humano). Estas dimensiones también son fundamentales en el desarrollo de soluciones de productos y procesos de fabricación ecoinnovadores. En el concepto Triple Bottom Line, la búsqueda de valor ocurre simultáneamente en las tres dimensiones, interactuando dinámicamente a lo largo del proceso de búsqueda, evaluación y desarrollo de soluciones sustentables.

La implementación de esta innovadora estrategia de ecoinnovación en los procesos de diseño y fabricación de productos tiene el potencial de proporcionar las herramientas necesarias para comprender y medir el progreso sostenible. Este enfoque tiene como objetivo crear valor constante y mejorar la calidad de las soluciones en las tres dimensiones simultáneamente. Cada dimensión complementa a las demás, lo que permite derivar valor de cada una. La estrategia enfatiza la gestión y diseño de etapas, procesos, materiales y sustancias desde la perspectiva de la salud humana y planetaria. Al emplear el triángulo fractal en el proceso de búsqueda de soluciones, se pueden maximizar los valores de todas las áreas involucradas en el diseño y la fabricación de productos a través del ecodiseño inteligente. Este enfoque tiene como objetivo satisfacer a todas las partes interesadas involucradas en el proyecto. En última instancia, este enfoque de triple resultado, que aprovecha la sinergia de las tres dimensiones sostenibles, ayuda a lograr la visión de una economía del bienestar en la que la calidad de vida y el crecimiento económico están desvinculados del impacto ambiental.

### ***Los paradigmas de sostenibilidad***

Debido al surgimiento de una nueva comprensión del desarrollo sostenible y el objetivo de mitigar la fractura metabólica y crear un ecosistema global sostenible, han salido a la luz una variedad de paradigmas. Estos paradigmas abarcan un conjunto de prácticas y conocimientos que definen una disciplina científica durante un período de tiempo específico y son ampliamente compartidos dentro de la comunidad científica.

En el ámbito de la ciencia actual, los paradigmas se construyen sobre una base de principios, técnicas y herramientas que dan forma a los marcos a través de los cuales se lleva a cabo la investigación. Estos marcos, que se explorarán con mayor detalle en la sección siguiente, sirven como estructuras metodológicas y teóricas que la comunidad científica desarrolla e implementa y, en última instancia, se aceptan como el enfoque estándar. La transición hacia un sistema global sostenible requiere una transformación integral de las actividades y un enfoque

específico en la ecoinnovación. Los paradigmas que facilitan la integración de las tres dimensiones de la sostenibilidad permiten a las partes interesadas involucradas en el diseño de productos y los procesos de fabricación gestionar de forma eficaz y sistemática la planificación y el diseño sostenibles.

Respecto a los paradigmas existentes para la gestión del desarrollo sostenible, cabe destacar los siguientes:

### ***La ecología industrial***

Es una práctica de gestión ambiental que tiene como objetivo transformar los sistemas industriales para imitar los sistemas naturales. Su objetivo es hacer sostenibles los sistemas industriales eliminando el concepto de desperdicio y gestionando las entradas y salidas del sistema. Esto implica convertir los residuos de un proceso en recursos para otros. Al considerar la capacidad de carga del planeta, la Ecología Industrial pretende convertir la estructura lineal tradicional del sistema industrial en un ciclo cerrado de la materia a través de la producción limpia y el consumo responsable.

Actualmente existen tres tipos de sistemas industriales: el sistema convencional, que está quedando obsoleto y depende de recursos ilimitados y genera residuos ilimitados; el sistema semicircular, donde las empresas están empezando a priorizar el desarrollo sostenible y apuntar a reducir el consumo y el desperdicio; y finalmente, el sistema ideal que promueve la Ecología Industrial, que pretende minimizar impactos y bajar costos de producción a través de la eficiencia energética y la gestión de recursos.

### ***El capitalismo natural***

Abarca el concepto vital de recursos naturales y los invaluable servicios proporcionados por los ecosistemas. Estos recursos y servicios son la base de todas las actividades industriales y la prestación de servicios actuales. El capitalismo natural es esencialmente una propuesta de desarrollo sostenible presentada por Paul Hawken y Amory Lovins, cuyo objetivo es revolucionar la economía predominante de consumo excesivo desenfrenado y convertirla en una economía que priorice el bienestar. Esta transformación aseguraría la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras y la preservación de los recursos naturales. Para lograr este ambicioso objetivo, los defensores del capitalismo natural han establecido cuatro principios rectores que están profundamente arraigados en las tres dimensiones de la sostenibilidad:

- Una forma de impulsar significativamente la producción de recursos es implementar estrategias efectivas de gestión de recursos y adoptar técnicas sostenibles y diseños amigables con el medio ambiente. Al hacerlo, podemos mejorar la productividad natural

de los recursos y al mismo tiempo minimizar el desperdicio y la contaminación, salvaguardando así el medio ambiente.

- La orientación hacia un modelo biológico, que se inspira en la naturaleza y pretende eliminar el concepto de residuo, es un aspecto fundamental de nuestro enfoque.
- Es necesario el desarrollo de un modelo de mercado socioeconómico que se centre en soluciones sostenibles y no solo en los productos en sí. Esto implica cambiar la forma en que valoramos las actividades económicas para priorizar la prestación de servicios.
- Una estrategia importante para la restauración ecológica es reinvertir en capital natural reconstruyendo los ecosistemas para que se parezcan a su estado original, restaurando así su capacidad de proporcionar servicios valiosos y reponiendo los recursos biológicos que se han agotado debido a las actividades humanas. Al centrarnos en reconstruir y mejorar la infraestructura natural, podemos garantizar la sostenibilidad a largo plazo de nuestro medio ambiente y asegurar los numerosos beneficios que ofrece.

### ***La permacultura***

Este enfoque innovador se desarrolló para fusionar la vivienda y el entorno circundante con el fin de minimizar el consumo de recursos, reducir los residuos y preservar la naturaleza y sus componentes. Originarios de Australia, Bill Mollison y Dave Holmgren fueron pioneros en este modelo, que permite la creación de sistemas sostenibles a través de la integración armoniosa de la vivienda y el paisaje. Al utilizar menos materiales y generar menos desechos, este enfoque conserva simultáneamente los recursos naturales y promueve el diseño ecológico. Su impacto ha sido particularmente significativo en los campos de la agricultura y la arquitectura. Además, el concepto de permacultura está estrechamente entrelazado con el de diseño regenerativo.

Se asienta sobre los siguientes fundamentos:

- Para satisfacer las necesidades básicas de las personas, es imperativo abordar y erradicar la degradación perjudicial que está ocurriendo en nuestro planeta.
- Es esencial priorizar el bienestar de nuestro planeta absteniéndonos de emprender acciones dañinas y destructivas, así como trabajando activamente para restaurar el equilibrio ambiental que se ha visto afectado negativamente en las últimas décadas.
- Es necesario que los recursos y excedentes se utilicen para lograr los dos objetivos anteriores. Teniendo en cuenta la capacidad de carga del planeta, las actividades humanas pueden verse limitadas medida por la huella ecológica.
- Para alcanzar los objetivos anteriores se definieron los siguientes principios de diseño:

- Uno de los principios clave de la comunicación eficaz es observar e interactuar con los demás. Esto implica prestar atención activa a las personas que nos rodean, a sus comportamientos y a sus señales verbales y no verbales. Al hacerlo, podemos obtener información valiosa sobre sus pensamientos, sentimientos y necesidades, lo que nos permitirá ajustar nuestro propio estilo de comunicación en consecuencia. Este principio enfatiza la importancia de estar presente en el momento e interactuar activamente con los demás, en lugar de simplemente seguir los movimientos de la comunicación sin conectarse realmente. A través de la observación y la interacción, podemos construir relaciones más sólidas, mejorar nuestra comprensión de los demás y garantizar que nuestros mensajes se reciban y comprendan de la manera que pretendemos. Es una habilidad fundamental que puede mejorar enormemente nuestra eficacia comunicativa en diversos entornos personales y profesionales.
- Captar y almacenar energía.
- Obtención de más productividad.
- Practica de la autorregulación siendo consciente de sus propias acciones y comportamientos, y también estar abierto a recibir comentarios de los demás. Esto significa ser capaz de regular y controlar los propios pensamientos, emociones y comportamientos de una manera responsable y constructiva. Además, implica ser receptivo a la retroalimentación y las críticas de los demás, reconociendo que pueden brindar conocimientos valiosos y oportunidades para el crecimiento y la mejora personal. Al participar activamente en la autorregulación y aceptar la retroalimentación, las personas pueden mejorar su autoconciencia, desarrollar habilidades interpersonales más sólidas y esforzarse continuamente por lograr el desarrollo personal y profesional.
- Utilizar y apreciar los beneficios de los servicios y recursos renovables en nuestra vida diaria.
- Poner fin a la generación de residuos.
- Iniciar el proceso de diseño enfocándose en los patrones generales y luego avance gradualmente hacia los detalles más pequeños.
- En lugar de dividir y separar, es mejor combinar y mezclar.
- Empleo de enfoques graduales y diminutos.
- Aprovechar y respetar la diversidad.
- Uso de aristas y límites de valores.
- Responder al cambio creativamente.

### *El natural step*

El marco Natural Step, desarrollado por Karl-Henrik Robèr en 2002, sirve como paradigma educativo, de asesoramiento y de investigación para el desarrollo sostenible. Su principal objetivo es abordar los desafíos del desarrollo sostenible abogando por una transformación social a través de la ecoinnovación. Proporciona un conjunto integral de herramientas y métodos para analizar el medio ambiente y diseñar y fabricar productos de una manera que permita a la sociedad construir gradualmente un futuro mejor. Según la ética del Paso Natural, el desarrollo sostenible implica encontrar el enfoque óptimo para satisfacer las necesidades humanas básicas y al mismo tiempo preservar el delicado equilibrio del medio ambiente, la sociedad y la economía.

Esto significa que cualquier actividad emprendida para satisfacer las demandas sociales no debe explotar los recursos naturales de una manera que ignore las consideraciones ambientales o destruya los ecosistemas. Además, el marco Natural Step afirma que las industrias deben eliminar el uso de sustancias nocivas. Es fundamental evitar generar sustancias que tengan el potencial de acumularse en el medio ambiente durante períodos prolongados, provocando así un impacto negativo. En cambio, las actividades industriales deberían centrarse en mejorar la biodiversidad y apoyar la capacidad regenerativa de la naturaleza. Al convertir los productos materiales en insumos para otros procesos, utilizar los recursos de manera eficiente y respetar los flujos naturales, las industrias pueden contribuir a un futuro más sostenible.

### *La economía circular*

Es un concepto que está estrechamente vinculado a la sostenibilidad y tiene como objetivo mantener el valor de los productos, materiales y recursos dentro de la economía durante el mayor tiempo posible minimizando el desperdicio. Implica pasar de una economía lineal a una circular, donde la atención se centra en cerrar el ciclo de vida de productos, servicios, residuos, materiales, agua y energía. Este enfoque abarca aspectos ambientales, sociales y económicos y propone un nuevo modelo de sociedad que optimiza el uso de los recursos.

En un mundo donde la escasez de materias primas y los costos fluctuantes son una preocupación, la economía circular contribuye a la seguridad del suministro y la revitalización de las industrias locales. Además, promueve la idea de que los resultados de un proceso pueden utilizarse como insumos para otro y fomenta el diseño de productos que puedan desmontarse fácilmente. En definitiva, la economía circular busca transformar los residuos en materias primas valiosas.

Se asienta sobre varios principios:

- La ecoconcepción implica tener en cuenta las consecuencias ambientales que puede tener un producto en cada etapa de su ciclo de vida, comenzando desde su fase inicial de diseño. Al integrar estas consideraciones en el concepto mismo del producto, la ecoconcepción

tiene como objetivo minimizar su huella ambiental general y promover la sostenibilidad. Este enfoque enfatiza la importancia de considerar factores como el abastecimiento de materias primas, los procesos de fabricación, el consumo de energía, la generación de residuos y la eliminación al final de su vida útil al crear un producto. De esta manera, la ecoconcepción busca garantizar que los productos no sólo sean funcionales y estéticamente agradables, sino también ambientalmente responsables. Este enfoque holístico del diseño y desarrollo de productos ayuda a abordar las crecientes preocupaciones en torno al cambio climático, el agotamiento de los recursos y la contaminación.

- La ecología industrial y territorial se refiere a la implementación de un sistema específico de organización industrial dentro de un área geográfica específica. Este sistema tiene como objetivo gestionar eficientemente la utilización y el movimiento de materiales, energía y servicios.
- La economía de “funciones”, es decir el privilegio de uso en lugar de propiedad, la venta de servicios en lugar de bienes.
- Reintroducir productos en el circuito económico, para abordar la situación en la que estos productos ya no satisfacen las necesidades iniciales de los consumidores.
- Una forma de fomentar el reciclaje y la reutilización es categorizar los materiales en nutrientes biológicos y técnicos, a diferencia de la economía lineal tradicional que no distingue entre ellos. Esta diferenciación facilita la gestión de actividades relacionadas con la logística inversa, que implica la devolución y reutilización de materiales. Al promover el reciclaje y la reutilización, podemos contribuir a un enfoque más sostenible y respetuoso con el medio ambiente en la gestión de recursos.
- La recuperación se refiere al proceso de utilización efectiva de materiales de desecho que no se pueden reciclar de manera energética.

La economía circular y la eficiencia de los recursos son muy valoradas por sus importantes beneficios económicos y empresariales. Esto es evidente en la adopción por parte de la Comisión Europea de la eficiencia de los recursos como un componente clave de su estrategia económica, conocida como Horizonte 2020. La estrategia tiene como objetivo promover un enfoque sostenible y circular para el crecimiento económico. Para comprender mejor el concepto de economía circular es importante profundizar en su evolución histórica y contextualizar su desarrollo.

La evolución del concepto a nivel de investigaciones y publicaciones se puede dividir en cuatro etapas distintas: preámbulo, crecimiento, desafío de validez y proyección futura. Para obtener una comprensión más profunda, examinemos los rasgos y características clave que definen cada una de estas etapas a escala global:

### ***El preámbulo (1960 – 1985)***

En el transcurso de este período, el foco del debate sobre los residuos y los recursos se centra en el papel de la gestión de residuos, particularmente en lo que respecta a los efectos nocivos de los residuos. El principal énfasis está en los procesos de fin de vida de los residuos tanto industriales como municipales, así como en las medidas preventivas dirigidas a la etapa productiva del sistema industrial. Se destacan varias estrategias de gestión de residuos, como la incineración más limpia, la conversión de residuos en energía, el reciclaje y el compostaje.

En esta etapa del debate se observan dos novedades significativas:

- En primer lugar, se reitera el concepto de gestión responsable de los recursos naturales, que había sido propuesto anteriormente por pensadores influyentes como Thomas Malthus, John Stuart Mill y Hans Carl.
- En segundo lugar, hay avances en campos académicos como la biología, la ecología, la física, el pensamiento sistémico y las ciencias empresariales y de gestión, junto con la interacción interdisciplinaria entre estos campos.

Esto conduce a la creación de nuevas disciplinas como la economía ambiental y el diseño ecológico, donde el concepto de bucles y ciclos se explora sistemáticamente por primera vez. Estos avances generan nuevos conocimientos, actitudes e ideas, incluida la voluntad de aprender de la naturaleza y utilizar los sistemas naturales como modelo para la sociedad humana. En concreto, la idea de que los sistemas industriales pueden desarrollarse en función de la eficiencia y la calidad de sus ciclos gana fuerza durante este período.

### ***El crecimiento (1985 – 2013)***

A partir de 1985, los residuos comenzaron a ser vistos de forma positiva como algo que tenía valor y podía utilizarse como recurso. El reciclaje se centró más en el suministro de materias primas y la conversión de residuos en energía se convirtió en una estrategia aceptable en el sistema industrial como forma de optimizar los insumos y los productos. Este cambio fue resultado de debates más amplios sobre el desarrollo sostenible que fueron provocados por el informe Brundtland en 1987 (ONU, 1987).

Durante este tiempo, el desarrollo sostenible fue visto como una oportunidad, y abordar los desafíos globales se convirtió en una forma de gestionar riesgos, ahorrar costos y promover el crecimiento económico y la innovación. Sin embargo, la complejidad de este debate creció y faltaban soluciones claras, lo que generó una brecha en el conocimiento sobre la gestión eficaz de residuos y recursos. En respuesta, surgieron a nivel mundial conceptos como pérdida cero, eficiencia de recursos, responsabilidad ampliada del productor, consumo y producción sostenibles y economía verde. Las comunidades académicas y los programas de investigación se unieron para

iniciar proyectos prácticos que implementaron estrategias alternativas de residuos y recursos en torno a estos conceptos generales.

### ***El desafío de validez (2013 – Actualidad)***

Desde 2013, ha habido un interés creciente en el concepto de economía circular, lo que ha llevado a un período de compromiso crítico y desafíos de validez. Diferentes sectores, como el empresarial, la industria y la economía, han comenzado a interpretar el concepto a su manera, lo que dificulta establecer un modelo común para su desarrollo. El panorama político también está cambiando, con un giro hacia la incorporación del desmontaje y la reutilización en los productos a través de regulaciones. Sin embargo, todavía faltan herramientas y lenguaje apropiados para apoyar la economía circular, y es necesario desarrollar estrategias que puedan maximizar los beneficios sociales y ambientales.

### ***La proyección***

Durante la próxima década, habrá una creciente necesidad de desarrollar el paradigma en línea con la cuarta revolución industrial. Esta revolución enfatiza la importancia de la digitalización y la conectividad como impulsores de la innovación. Incorporando la gestión de datos y el potencial de las fábricas inteligentes, es posible crear ciclos cerrados entre fábricas y aumentar las conexiones. Esto se alinea con los objetivos de la economía circular, cuyo objetivo es reducir el uso de recursos, la producción de residuos y el consumo de energía. La economía circular es un modelo innovador y ecosistémico que puede adaptarse a las estrategias de la Industria 4.0. Los investigadores han destacado la importancia de esta transición en los sistemas industriales.

### **La metodología instruccional: pensamiento afectivo complejo**

Partiendo de los principios de la metodología didáctica, las actividades que se desarrollarán estarán enfocadas a abordar retos tecnológicos. Estos esfuerzos se realizarán principalmente en forma de trabajos por proyectos, teniendo debidamente en cuenta que numerosos problemas tecnológicos pueden resolverse mediante el análisis técnico de los objetos y una intensa investigación.

### ***Los trabajos por proyectos***

Es un enfoque muy eficaz para la resolución de problemas que implica varias etapas de desarrollo:

- En primer lugar, se presenta a los estudiantes un desafío o problema que deben abordar y encontrar una solución.

- En la segunda fase, los estudiantes participan activamente en la recopilación de información, la realización de investigaciones y la creación de una multitud de productos que contribuyen a la consecución del desafío final. Esta fase enfatiza la importancia del pensamiento crítico, la creatividad y el ingenio.
- Finalmente, el proyecto se somete a una evaluación integral, que evalúa la totalidad del proceso, incluidas las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes, la colaboración y la efectividad de su solución final. Esta evaluación sirve como medio para reflexionar sobre las fortalezas y debilidades del proyecto, proporcionando información valiosa para futuras mejoras y oportunidades de aprendizaje. En general, el trabajo en proyectos sirve como un método estructurado y dinámico para la resolución de problemas, lo que permite a los estudiantes participar activamente, aplicar sus conocimientos y desarrollar habilidades esenciales que son transferibles a situaciones de la vida real.

Cuando se trata de proyectos que implican el diseño y construcción de un objeto o sistema técnico, la documentación creada a lo largo del proceso tiene una gran importancia. Utilizando la metodología de análisis de objetos, los estudiantes examinarán varios aspectos de los objetos y sistemas técnicos, profundizando más allá de su fisicalidad para comprender las necesidades que satisfacen y los principios científicos que los sustentan. Se prestará especial atención a la incorporación de recursos innovadores, como espacios de aprendizaje personal como portafolios, webquests, aprendizaje basado en proyectos, gamificación, aulas invertidas, etc.

### ***Metodología: los principios***

A la luz de la información presentada anteriormente y de la comprensión de que cada situación requiere una respuesta única y específica, se han formulado los principios metodológicos posteriores para guiar el enfoque empleado en los escenarios de aprendizaje:

- Adaptar el proceso de enseñanza y aprendizaje en función de los conocimientos previos de los estudiantes.
- El contenido sugerido está directamente relacionado con el entorno del estudiante.
- Además de desarrollar el respeto, la tolerancia y la solidaridad entre los compañeros, se fomenta el trabajo en equipo mediante la realización de actividades en grupos de estudiantes y la planificación y distribución de tareas y tiempo. Todo esto se hace a través del aprendizaje colaborativo.
- A través de las diversas actividades propuestas se promueve el desarrollo de la autonomía personal.
- Los estudiantes deben utilizar sus recursos personales de ingenio, exploración e invención para desarrollar actividades y poner en práctica los conocimientos adquiridos.

## *El método de proyecto*

El objetivo de este método es avanzar hacia un enfoque educativo en el que los estudiantes asuman una mayor responsabilidad por su propio aprendizaje y puedan aplicar las habilidades y conocimientos que adquieren en el aula a proyectos del mundo real. Al exponer a los estudiantes a situaciones que les exigen utilizar lo que han aprendido para resolver problemas o proponer mejoras en sus comunidades, el método de proyectos pretende fomentar una comprensión y aplicación más profundas del conocimiento.

El método de proyectos es un proceso que permite identificar fácilmente los resultados de un programa de estudio, pero no tiene resultados predeterminados o completamente predecibles para el aprendizaje de los estudiantes. Esta forma de aprendizaje requiere que los estudiantes utilicen diversas fuentes de información y disciplinas para resolver problemas de manera efectiva o responder preguntas relevantes.

Al emplear el método de proyectos como estrategia de instrucción, los estudiantes no solo pueden utilizar sus habilidades existentes, sino también cultivarlas y mejorarlas aún más. Este enfoque del aprendizaje les inculca un profundo sentido de motivación y entusiasmo, impulsado por su curiosidad innata y su afán por adquirir conocimientos. Al participar activamente en proyectos, los estudiantes también desarrollan un mayor sentido de responsabilidad y realizan un esfuerzo considerable para garantizar el éxito de sus esfuerzos. Además, obtienen una comprensión integral del impacto significativo que tienen dentro de sus comunidades, reconociendo el papel vital que desempeñan para contribuir al mejoramiento de la sociedad, mediante:

- Una gama de experiencias de aprendizaje interesantes que involucran a los estudiantes en proyectos desafiantes del mundo real a través de los cuales desarrollan y aplican habilidades y conocimientos.
- Una estrategia que reconoce que el aprendizaje significativo lleva a los estudiantes a un proceso de aprendizaje natural, la capacidad de realizar trabajos relacionados y la necesidad de responsabilidad. Los proyectos pueden realizarse fuera del aula donde pueden interactuar con sus comunidades y estas relaciones enriquecen a todos.
- El Método de Proyectos es una estrategia de enseñanza que se centra en los conceptos y principios centrales de la disciplina, involucra a los estudiantes en la resolución de problemas y otras tareas significativas, les permite trabajar de forma autónoma para construir su propio aprendizaje y conduce a resultados reales creados por ellos mismos.

El método del proyecto se distingue por varias características clave. En primer lugar, está estrechamente alineado con situaciones de la vida real, lo que garantiza su relevancia práctica. Además, adopta un enfoque orientado a los participantes, lo que permite a las personas participar activamente y contribuir al proyecto. Asimismo, enfatiza un enfoque orientado a la acción,

centrándose en tomar medidas tangibles para lograr los objetivos del proyecto. Y, promueve un enfoque orientado al producto, enfatizando la creación de un resultado final o entregable. También adopta un enfoque orientado al proceso, reconociendo la importancia de los pasos y etapas involucradas en la finalización de un proyecto.

Por lo tanto, fomenta el aprendizaje holístico e integral, considerando el proyecto como un todo y fomentando una comprensión integral de sus diversos elementos. Además, fomenta la autoorganización, empoderando a las personas para que tomen la iniciativa y la responsabilidad de sus roles dentro del proyecto. Y, promueve la realización colectiva, enfatizando los esfuerzos colaborativos de todos los participantes. Por último, es de naturaleza interdisciplinaria y se basa en diversos campos de conocimiento y experiencia para abordar las complejidades del proyecto.

### *El ciclo de vida:*

- En la etapa inicial, los estudiantes o aprendices recopilan activamente la información esencial necesaria para abordar eficazmente el problema o tarea determinada. El enfoque adoptado para lograr los objetivos o completar las tareas del proyecto debe basarse en las experiencias y aprendizajes previos de los alumnos.
- Durante la fase de planificación, uno de los aspectos clave implica la creación de un plan de trabajo integral. Esto implica delinear cuidadosamente los pasos y tareas que deben completarse para lograr los objetivos deseados. Además, conlleva el desarrollo de un procedimiento metodológico bien estructurado, que sirve como modelo para todo el proyecto. Abarca el enfoque sistemático que se seguirá, asegurando que se incorporen todos los procesos y metodologías necesarios. Durante esta fase se realiza una meticulosa planificación de los instrumentos y medios de trabajo. Implicando identificar y adquirir las herramientas, recursos y equipos necesarios que se utilizarán durante todo el proyecto. Este paso asegura que el equipo esté adecuadamente equipado para llevar a cabo las tareas de manera efectiva y eficiente.
- La fase de toma de decisiones en el aprendizaje basado en proyectos implica que el profesor asuma la responsabilidad de proporcionar retroalimentación, participar en debates y, potencialmente, hacer correcciones a las diversas estrategias de solución sugeridas por los estudiantes. Es fundamental que los estudiantes desarrollen la capacidad de evaluar los problemas, riesgos y ventajas asociados con cada alternativa antes de tomar una decisión. Una parte integral del aprendizaje basado en proyectos es el aspecto social de la comunicación, específicamente el proceso de negociación dentro del grupo. Los participantes deben aprender a colaborar y tomar decisiones colectivamente.
- Durante la fase de ejecución o construcción del proyecto, las personas actúan de manera creativa, independiente y responsable. Esta acción se analiza cuidadosamente para

garantizar que se alinee con el plan inicial. Se identifica cualquier discrepancia o área de mejora y se realizan ajustes en el proceso de planificación e implementación en consecuencia. Este circuito de retroalimentación permite una revisión exhaustiva de los resultados parciales y sirve como medio de autoevaluación y evaluación tanto para los individuos como para el grupo en su conjunto.

- Una vez finalizada la tarea, los estudiantes pasan a una fase de autocontrol en la que pretenden mejorar su capacidad para evaluar la calidad de su propio trabajo. A lo largo de esta fase, el profesor asume un papel más asesor o de apoyo, interviniendo sólo cuando hay desacuerdo entre los estudiantes sobre la evaluación de los resultados obtenidos.
- La evaluación y la reflexión juegan un papel crucial en el proceso de aprendizaje, ya que permiten que tanto el profesor como los alumnos entablen un debate final para comentar y evaluar los resultados obtenidos. Esta discusión colaborativa brinda una oportunidad para que el maestro ofrezca comentarios valiosos a todos los participantes, no solo sobre el resultado final, sino también sobre todo el proceso. Esta retroalimentación abarca tanto los errores como los éxitos que se encontraron, el desempeño laboral general, así como las experiencias y aprendizajes adquiridos a lo largo del viaje. Al participar en esta evaluación y reflexión integrales, tanto el profesor como los estudiantes pueden obtener una comprensión más profunda de su progreso y mejorar aún más sus resultados de aprendizaje.

### ***Los modelos de diseño instruccional: Propuesta***

Los modelos de diseño instruccional que engloban la unidad didáctica incorporan un marco prescriptivo que abarca diversos principios de aprendizaje derivados del conductismo, cognitivismo, constructivismo y conectivismo. El conductismo, como componente de estos modelos, gira en torno al estudio del comportamiento humano y tiene como objetivo anticipar y manipular el comportamiento en función de las circunstancias, la respuesta y el individuo involucrado. Enfatiza la repetición de patrones de comportamiento hasta que se vuelven automáticos.

Por otro lado, el cognitivismo engloba teorías que profundizan en el funcionamiento de la mente humana, buscando comprender cómo interpreta, procesa y retiene información en la memoria. A diferencia del conductismo, el cognitivismo ve el aprendizaje como algo más que una mera transferencia de la realidad, sino más bien como una representación de dicha realidad.

El conectivismo, como otro aspecto de estos modelos, integra principios explorados por las teorías del caos, las redes, la complejidad y la autoorganización. En esencia, el conectivismo sitúa al individuo como punto de partida. Su conocimiento personal forma una red que interactúa con organizaciones e instituciones, creando un circuito de retroalimentación que brinda a los

individuos nuevas oportunidades de aprendizaje. Esto, a su vez, permite a las personas mantenerse actualizadas en sus respectivos campos a través de las conexiones que establecen.

En esencia, el constructivismo es una teoría que enfatiza la idea de que los individuos adquieren conocimientos conectando nuevas experiencias con sus conocimientos existentes, lo que en última instancia conduce al desarrollo de una comprensión más compleja y completa. Esta teoría se basa en tres fundamentos teóricos principales:

- La teoría epistemológica de Piaget, que abarca varios conceptos que ofrecen ideas sobre cómo se construye el conocimiento. Según Piaget, el conocimiento no se adquiere simplemente, sino que los individuos lo construyen activamente. Este proceso de construcción implica un acto de equilibrio constante entre asimilar nueva información en marcos mentales existentes, conocidos como esquemas, y acomodar estos esquemas para incorporar nuevas experiencias. Además, la teoría de Piaget sugiere que el desarrollo cognitivo ocurre en distintas etapas o niveles, cada uno caracterizado por habilidades y comprensiones cognitivas específicas. En general, la teoría de Piaget proporciona un marco integral para comprender las complejidades de la adquisición de conocimientos y el crecimiento cognitivo.
- La teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel es un marco integral que abarca varios conceptos, incluida la importancia del aprendizaje significativo y la importancia del conocimiento previo. Esta teoría, propuesta por David Ausubel, proporciona información valiosa sobre cómo los individuos adquieren y retienen información de manera significativa. Al enfatizar el papel del aprendizaje significativo, Ausubel subraya la idea de que el aprendizaje es más efectivo cuando los alumnos son capaces de conectar nueva información con su conocimiento y comprensión existentes. Este enfoque enfatiza la importancia de fomentar una comprensión profunda del tema en lugar de simplemente memorizar hechos o conceptos aislados. Además, la teoría de Ausubel destaca el papel crucial del conocimiento previo en el aprendizaje. Según Ausubel, el conocimiento previo de los individuos actúa como base sobre la cual se puede construir nueva información. Al activar y conectar este conocimiento previo, los alumnos son más capaces de dar sentido a la nueva información, mejorar su comprensión y retener el conocimiento durante períodos más prolongados.
- La teoría sociocultural de Vygotsky enfatiza el papel de las interacciones sociales y las influencias culturales en la configuración de procesos psicológicos superiores. Según esta teoría, la educación escolar sirve como un entorno crucial para el desarrollo, brindando a los estudiantes oportunidades para alcanzar su potencial a través del concepto de zona de desarrollo próximo. En este contexto, el docente desempeña un papel importante como mediador, guiando y apoyando a los estudiantes en su viaje de aprendizaje.

## ***El constructivismo***

El aprendizaje constructivista otorga gran importancia a la participación activa del alumno, destacando la importancia de su participación en el proceso de aprendizaje. Por tanto, las acciones formativas deben estar dirigidas a facilitar este proceso, fomentando la creatividad del estudiante y no centrándose únicamente en la entrega de contenidos específicos. Para diseñar estrategias y materiales didácticos de forma eficaz, varias premisas clave sirven como principios rectores:

- La adquisición de conocimientos es un proceso que está determinado por experiencias personales e interpretaciones del mundo.
- Para que el aprendizaje sea efectivo debe ser significativo e integral, teniendo en cuenta la realidad de los diferentes aspectos y tareas.
- Para adquirir conocimientos conceptuales, es importante participar en esfuerzos de colaboración con otros, incorporando múltiples perspectivas e ideas.
- El acto de aprender también implica una transformación de los marcos mentales existentes, a medida que se integran y asimilan nuevos conocimientos.

El constructivismo abarca diversos aspectos que enfatizan el papel activo de los aprendices en la construcción de su conocimiento, la importancia de la interacción social, la zona de desarrollo próximo, el aprendizaje contextualizado, la reflexión y la metacognición, así como la consideración de múltiples perspectivas. Al incorporar estos elementos en las prácticas educativas, el constructivismo tiene como objetivo fomentar experiencias de aprendizaje significativas y transformadoras para los alumnos:

- El aspecto genético-cognitivo, propuesto por Jean Piaget, se centra en el proceso de construcción del conocimiento a través de interacciones con el entorno.
- En referencia al aspecto sociocultural del desarrollo de la inteligencia, Lev Vygotsky enfatizó en su trabajo de 1930 que el crecimiento intelectual de un niño se ve facilitado por la presencia de instrumentos o herramientas psicológicas específicas dentro de su entorno social. Entre estas herramientas, el lenguaje tiene suma importancia, ya que se considera la herramienta fundamental para el avance cognitivo.
- El aspecto cognitivista, propuesto por David P. Ausubel, desafía la creencia expuesta por Piaget de que la comprensión sólo puede ocurrir a través del descubrimiento personal. Ausubel sostiene que la comprensión también se puede lograr mediante la recepción de información.

## ***Jean Piaget***

Los principios generales del modelo de orientación de Piaget basado en la teoría del desarrollo cognitivo del aprendizaje son:

- Los objetivos pedagógicos no sólo deben centrarse en las necesidades e intereses de los estudiantes, sino también estar arraigados en sus actividades y experiencias.
- Los contenidos no se ven como objetivos finales, sino más bien como herramientas que ayudan en la progresión del crecimiento evolutivo natural.
- El principio fundamental de la metodología piagetiana es la importancia del enfoque del descubrimiento como aspecto fundamental.
- El aprendizaje es un proceso complejo e interno que implica la reestructuración de las capacidades cognitivas de un individuo, y su eficacia está influenciada por la etapa de desarrollo del individuo.
- Los conflictos cognitivos juegan un papel importante en el crecimiento y avance de los procesos de aprendizaje.
- La interacción social es beneficiosa para el proceso de adquisición de conocimientos y habilidades.
- La experiencia física abarca un mayor sentido de la realidad, lo que permite la capacidad de resolver problemas y fomentar un proceso de aprendizaje.
- Las experiencias de aprendizaje deben organizarse de manera que se dé prioridad a la cooperación, la colaboración y el intercambio de perspectivas para explorar y adquirir conocimientos colectivamente. Este enfoque, comúnmente conocido como aprendizaje interactivo, enfatiza la participación activa y el compromiso entre los individuos en la búsqueda del conocimiento. Al fomentar un entorno que fomenta la interacción y la colaboración, los alumnos no sólo pueden beneficiarse de diversos puntos de vista e ideas, sino que también mejoran su comprensión a través de debates activos y la resolución colectiva de problemas. A través de este enfoque de aprendizaje interactivo, los individuos tienen el poder de construir su propio conocimiento y significado, mientras interactúan activamente con otros, intercambian ideas y exploran colectivamente nuevos conceptos e información. Este modelo de aprendizaje interactivo no sólo enfatiza la importancia de trabajar juntos y valorar las contribuciones de cada uno, sino que también reconoce la importancia de diversas perspectivas para enriquecer la experiencia de aprendizaje.

Según Piaget, el aprendizaje puede verse como un delicado equilibrio entre asimilación y acomodación. Este equilibrio es igualmente significativo ya que refleja la interacción entre el intelecto y el medio ambiente, específicamente a través del proceso de adaptación. Piaget creía que los individuos aprenden y se desarrollan interactuando activamente con su entorno y

manipulando objetos mediante acciones físicas. Además, la cooperación social y el lenguaje juegan papeles cruciales en este proceso de aprendizaje.

### ***Lev Vygotsky***

El modelo de Vygotsky también introduce el concepto de zonas de desarrollo, que distingue entre el nivel actual de desarrollo y el potencial para un mayor aprendizaje con la ayuda de individuos más capaces. Se anima a los estudiantes a trabajar en grupos con compañeros que tienen diferentes niveles de conocimientos o habilidades para facilitar el aprendizaje unos de otros. Desde una perspectiva pedagógica, esto significa que los docentes no deben limitarse a transmitir conocimientos, sino estimular el desarrollo del potencial de los estudiantes identificando lo que ya saben y creando situaciones de aprendizaje que les permitan construir su propio conocimiento.

Por el contrario, Piaget otorga importancia a la interacción porque estimula el conflicto cognitivo y sirve como catalizador de cambios internos en el pensamiento. Sin embargo, Piaget no cree que la interacción influya directamente en las formas y funciones del pensamiento. Vygotsky y Piaget tienen creencias diferentes sobre el papel de la conversación en la configuración del pensamiento interno. Vygotsky enfatiza la importancia de que los estudiantes estén abiertos al aprendizaje y trabajen activamente para lograr sus objetivos.

Por otro lado, los docentes tienen la responsabilidad de crear un ambiente propicio para el aprendizaje y actuar como mediadores entre los estudiantes y la cultura. Vygotsky cree que el aprendizaje es un proceso social moldeado por interacciones tanto con expertos (adultos o niños) como con pares. Considera el pensamiento o el habla interior como un reflejo de sus orígenes sociales, tanto en términos de su desarrollo a través de interacciones como de su uso como un sistema simbólico culturalmente organizado, particularmente el lenguaje.

El modelo de orientación de Vygotsky, que se basa en la formación de equipos de trabajo y engloba la teoría de la zona de desarrollo próximo, enfatiza la naturaleza social del aprendizaje. Según Vygotsky, el aprendizaje ocurre a través de procesos colaborativos e interacciones sociales, donde los estudiantes desarrollan sus habilidades intelectuales en presencia de otros. En este modelo, la interacción social sirve como base y fuerza impulsora del aprendizaje.

### ***El conflicto cognitivo***

En general, la capacidad del docente para introducir conflictos cognitivos a través de estas acciones es fundamental para motivar a los estudiantes y alimentar su interés en el proceso de aprendizaje. Al involucrar activamente a los estudiantes en estos conflictos, los maestros los capacitan para convertirse en estudiantes independientes y de por vida:

- Transformar los desacuerdos objetivos en conflictos efectivos.

- Identificación de discrepancias residuales.
- La disposición y estructuración de las intervenciones.

Intervenir en conflictos ofrece una oportunidad única para capitalizar su potencial y gestionarlos con la máxima eficiencia. Al involucrarnos activamente en estas disputas, podemos navegar estratégicamente la situación y aprovechar al máximo las posibilidades que presentan. El objetivo es garantizar que los conflictos se manejen de una manera que maximice la productividad y minimice los resultados negativos:

- Evitar déficits cognitivos.
- Abordar los desafíos y conflictos que enfrenta el estudiante.
- Divida el problema en diferentes pasos o fases.
- Crear tensiones o disputas adicionales.

### ***Pensamiento complejo***

El pensamiento es algo que surge a través de la actividad intelectual. Puede verse como un producto de la mente, que puede surgir del pensamiento racional o de ideas abstractas creadas por la imaginación. El término "complejidad" no está claramente definido y puede interpretarse de diferentes maneras. No existe una definición universalmente aceptada que sea precisa o ampliamente reconocida.

La palabra latina original "complexus" significa "entrelazado" o "retorcido", refiriéndose a algo que abarca varios elementos que interactúan. Esta definición se alinea con la definición dada por el Diccionario Oxford, que describe la complejidad como algo compuesto de partes estrechamente conectadas. Desde esta perspectiva, un proyecto se consideraría más complejo si involucra más partes o fases y tiene más conexiones entre ellas. La naturaleza de la realidad, el pensamiento y el conocimiento es inherentemente compleja, por lo que es importante abordar la comprensión del mundo desde una perspectiva de complejidad.

Esto significa que el estudio y análisis de un fenómeno puede abordarse tanto desde una perspectiva holística, considerando el todo o múltiples todos, como desde una perspectiva reduccionista, centrándose en las partes individuales que componen el todo. El concepto de pensamiento complejo fue introducido por el filósofo Edgar Morin (1995) y puede definirse como la capacidad de conectar diferentes dimensiones de la realidad.

Ante el desarrollo de un proyecto multidimensional e interactivo con fases y componentes aleatorios, el responsable del proyecto reconoce la necesidad de adoptar una estrategia de pensamiento reflexivo que no sea reduccionista ni totalizador. El pensamiento complejo en educación implica la capacidad de pensar globalmente, contextualizar y unir, reconociendo al

mismo tiempo los aspectos únicos, individuales y concretos de un tema. Es necesaria una transformación en el campo de la educación, proponiendo la inclusión de la filosofía en todos los niveles como un "motor innovador" para enseñar a pensar a las personas.

El pensamiento complejo es particularmente relevante cuando se trata de fenómenos que involucran la interacción de múltiples factores y combinan principios de regulación y no equilibrio. Estos fenómenos suelen exhibir características tales como contingencia y determinismo, creación y destrucción, orden y desorden. Además, el pensamiento complejo reconoce los niveles jerárquicos de organización y las dinámicas no lineales que ocurren a través de la retroalimentación entre estos niveles. Es importante señalar que el pensamiento complejo no se centra únicamente en la visión holística de un tema, sino que pretende articular las relaciones entre el todo y las partes, lo global y lo particular, en un intercambio continuo.

En el ámbito de las ciencias humanas, la aplicación del pensamiento complejo es relativamente nueva en comparación con otros campos como las ciencias naturales y de gestión. Tomando la educación como ejemplo, el pensamiento complejo reconoce la dinámica no lineal generada por una multitud de fuerzas interactivas, como políticas gubernamentales, avances tecnológicos, acciones de grupos sociales e influencias culturales.

Estas dinámicas pueden converger, dando lugar a patrones autoorganizados, o alterar las estructuras regulares. A lo largo de estos procesos hay momentos de estabilización, reacciones positivas o negativas, desestabilización y desarrollos desiguales. Numerosos estudios han propuesto diversas medidas que delimitan la complejidad dentro de los campos científicos. Es importante señalar que estas medidas de complejidad dependen del contexto específico.

La complejidad de los proyectos de ingeniería es inherentemente multidimensional. El desarrollo de un proyecto complejo normalmente involucra una gran cantidad de miembros, elementos o agentes que interactúan entre sí y con el entorno que los rodea. Estas interacciones pueden dar lugar a nuevos comportamientos colectivos, que pueden manifestarse en diversos ámbitos, como el funcional, estructural, espacial o temporal. En esencia, un proyecto complejo puede verse como un sistema "abierto" en el sentido termodinámico, que incorpora principios de entropía e interacciones no lineales entre subsistemas que pueden exhibir un comportamiento desordenado bajo ciertas condiciones. Desde un punto de vista epistemológico, el pensamiento complejo se caracteriza por tres actitudes fundamentales:

- Existe una necesidad apremiante de desarrollar un marco teórico integral que desafíe la perspectiva empirista y ecléctica predominante que continúa dominando las prácticas de investigación cotidianas.
- Existe una demanda creciente para la creación y el avance de iniciativas inventivas que sigan un enfoque constructivista, que enfatice la imaginación conceptual en lugar de depender únicamente del positivismo.

- Existe una necesidad apremiante de integrar el proceso de generación de conocimiento a la sociedad, en lugar de mantenerlo demasiado abstracto y desconectado del campo de la sociología.

El pensamiento complejo tiene sus raíces en tres teorías: la teoría de la información y la comunicación, la cibernética y la teoría de sistemas, y la teoría de la organización. Asimismo, también son significativas las contribuciones sobre la autoorganización y la teoría del caos. Morin (2014) propone tres principios que complementan estas teorías: el principio dialógico, el principio de recursividad organizacional y el principio hologramático.

- El principio dialógico reúne procesos o conceptos opuestos de manera complementaria e inseparable para comprender mejor una realidad determinada. Amplía la noción tradicional de dialéctica al reconocer el antagonismo y la competencia presentes en el diálogo.
- El principio de recursividad organizacional va más allá del principio de retroalimentación que se encuentra en la teoría de sistemas y la cibernética, incorporando las ideas de autoproducción y autoorganización. Reconoce que los individuos producen la sociedad a través de sus interacciones, mientras que la sociedad moldea a los individuos a través del lenguaje, la cultura y otras influencias.
- Por último, el principio hologramático resalta la naturaleza paradójica de ciertos sistemas, donde el todo existe dentro de las partes y viceversa. Este principio enfatiza que los individuos son parte de la sociedad y que la sociedad está presente dentro de cada individuo a través del lenguaje, la cultura y las normas compartidas.

El pensamiento científico clásico se basó en los pilares del orden, la separación y la razón. Sin embargo, el pensamiento complejo no reemplaza estos pilares, sino que los incorpora a una perspectiva dialógica que permite una comprensión más profunda del orden, el desorden y la organización. Reconoce que el orden y el desorden no son mutuamente excluyentes y utiliza el concepto de separación integrándolo con la inseparabilidad a través del diálogo. Además, el pensamiento complejo desafía la noción tradicional de razón al aceptar la contradicción y reconocer que ningún sistema tiene la capacidad de explicarse completamente a sí mismo.

El progreso futuro de los proyectos de ingeniería puede verse muy influenciado por diversas condiciones en momentos específicos, dando como resultado lo que se conoce como "comportamiento caótico". Para desarrollar eficazmente proyectos de ingeniería, es crucial considerar tres dimensiones de complejidad: el resultado o producto final, las tareas involucradas en el sistema de fabricación y la organización general del proyecto. Un proyecto complejo se refiere a aquel que contiene incertidumbre durante su proceso de desarrollo o en su diseño, haciendo que el resultado no sea del todo predecible o controlable.

Por otro lado, un proyecto complicado puede tener simplemente numerosas fases, lo que dificulta su comprensión debido a su tamaño. Es importante señalar que la complejidad también puede existir a nivel operativo, donde la realización de las tareas en sí puede ser compleja. Lo que puede resultar complicado para un individuo puede resultar complejo para otro, dependiendo de su nivel de formación o de su acceso a herramientas tecnológicas.

La complejidad del diseño a menudo va de la mano con una mayor complejidad en la gestión de la configuración, ya que los clientes ahora exigen especificaciones y opciones de personalización más precisas. La complejidad de un proyecto está influenciada por la percepción que los operadores humanos tienen de las tareas involucradas. Identifican tres elementos clave de complejidad: la gran cantidad de información, la diversidad de información y el esfuerzo requerido para procesar la información.

Por el contrario, un proyecto que se considera caótico se caracteriza por el hecho de que incluso pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden conducir a resultados muy diferentes. Gestionar y controlar proyectos caóticos es una tarea desafiante y, por lo general, hacer predicciones a largo plazo sobre ellos es imposible. Un ejemplo de caos en los proyectos se puede ver en la transformación del conocimiento tácito en conocimiento explícito a través de explicaciones científicas.

Al utilizar el conocimiento científico y aprovechar diversos métodos y herramientas de ingeniería, fenómenos que antes no tenían explicación pueden volverse difíciles de entender en lugar de complejos o caóticos. En el ámbito de la educación, Piaget fue una figura pionera en la promoción del pensamiento complejo. Su objetivo era desarrollar planes de estudio y metodologías que facilitarían la transición del pensamiento simple al complejo.

En consecuencia, el campo de la educación busca adoptar una perspectiva compleja del mundo, alejándose de la causalidad lineal estricta que a menudo domina la práctica educativa y los libros de texto. Esta compleja perspectiva educativa reconoce la necesidad de superar la fragmentación del conocimiento y enfatiza la importancia de un enfoque interdisciplinario en el proceso de aprendizaje, donde la selección y organización de contenidos se abordan desde una perspectiva sistémica y compleja.

El pensamiento complejo existe en el espacio entre la certeza y la incertidumbre, lo elemental y lo global, y lo distinguible y lo indistinguible. El objetivo no es abandonar los principios de la ciencia clásica, sino más bien integrarlos de una manera que genere una comprensión más amplia. El reduccionismo y la causalidad estricta no deben rechazarse, sino utilizarse cuando sea necesario para ayudar a comprender objetos o sistemas complejos. El objetivo es combinar los principios de orden y desorden, separación y unión, autonomía y dependencia en un diálogo constante.

Los proyectos de ingeniería enfrentan el desafío de lidiar con sistemas cada vez más complejos que existen en un entorno de cambio e incertidumbre. Esta complejidad está presente en el diseño de productos y procesos de fabricación, así como en las estructuras de las empresas. El desarrollo de proyectos de ingeniería requiere una combinación de diseño complejo, sistemas de fabricación flexibles y procesos de negocio ágiles y avanzados, especialmente en proyectos multidisciplinarios.

La educación es un ámbito ideal para cultivar el pensamiento complejo, ya que los procesos educativos y las realidades de profesores y estudiantes son complejos. Sin embargo, las prácticas y los materiales educativos actuales a menudo no logran superar la fragmentación disciplinaria y la causalidad estricta, lo que dificulta la retroalimentación y la integración entre contenidos, procedimientos, enfoques, educadores y estudiantes. Por tanto, existe la necesidad de marcos teóricos que sustenten acciones pedagógicas que reconozcan la complejidad de la realidad y el aula.

## Capítulo 4

### Gestión de Calidad: enfoque y modelo

El análisis de los modelos y sistemas de Gestión de la Calidad ha demostrado que han tenido una amplia difusión a nivel internacional. Esta difusión se ha caracterizado por su rápido ritmo y la variación de prácticas entre organizaciones con diferentes circunstancias internas y externas. A través de este examen, se ha hecho evidente que existen varios enfoques para la Gestión de la Calidad, cada uno con sus propios principios y prácticas. En consecuencia, las empresas se enfrentan al desafío de seleccionar el enfoque más adecuado a sus necesidades. Esto plantea la cuestión de cómo abordar la difusión de diferentes modelos y sistemas de Gestión de la Calidad, que pueden abordarse desde dos perspectivas: el universalismo y la contingencia.

La eficacia de la Gestión de la Calidad y los planes de mejora, en particular la Gestión de la Calidad Total (GCT), ha sido objeto de constante debate debido a su alto índice de fracaso. Por tanto, es importante diferenciar entre iniciativas de Gestión de la Calidad que arrojan resultados satisfactorios y aquellas que no. La institucionalización de la GCT ha tenido dos consecuencias indeseables: estandarización y determinismo. Como resultado, se ha puesto en duda la universalidad de los enfoques de Gestión de la Calidad, ya que la adopción y eficacia de estos sistemas pueden verse influenciadas por las diferencias entre organizaciones, industrias y entornos nacionales.

#### Difusión

Las normas ISO son ampliamente reconocidas y utilizadas como marco para desarrollar e implementar sistemas de gestión de calidad. Ya sea que estemos hablando de SGC o SIGMA, los modelos ISO dominan el campo. Sin embargo, por ahora, centrémonos en el SGC. Las normas ISO también han influido en el diseño de sistemas de gestión en otros diversos ámbitos de las empresas, como la prevención de riesgos laborales y la gestión ética.

La adopción de las normas ISO 9000 ha experimentado un crecimiento significativo a escala global, europea y nacional. Si bien ISO no recopila directamente el número de certificaciones, se informan en la Encuesta ISO de certificados ISO 9000 e ISO 14000 preparada por ACNielsen. Según este informe, a finales de 2004 había 670.399 certificaciones ISO 9001 en 154 países de todo el mundo. Esto marcó un aumento del 35% respecto al año anterior y un aumento del 64% desde 2000, antes de la transición a la nueva versión de la norma. Si incluimos las certificaciones ISO/TS 16949:2002 e ISO 13485:2003 en los sectores de automoción y equipamiento médico, el número total de certificaciones asciende a 683.523.

Los países con mayor número de certificados son China, Italia, Reino Unido, Japón, España, Estados Unidos, Francia, Alemania, Australia e India. Aproximadamente el 31% de los

certificados están en manos de organizaciones de servicios, mientras que los sectores industriales con mayor adopción de normas ISO son equipos electrónicos y ópticos, química, productos metálicos, maquinaria y equipos, y construcción.

Vale la pena señalar que después de un revés causado por el lanzamiento de la nueva versión de la norma en 2001, el número de certificaciones anuales comenzó a crecer nuevamente en 2002. El crecimiento alcanzó su punto máximo en 2003, lo que puede atribuirse a la mayoría de renovaciones de certificados amparados por la antigua norma ISO 9001/2/3:2004, la cual tenía fecha de vencimiento en diciembre de ese año.

El uso de las normas ISO 9000 está muy extendido y respetado a nivel internacional, hasta el punto de que muchas veces se confunde el enfoque de aseguramiento de la calidad con los modelos regulatorios propuestos para su implementación. Esta adopción generalizada ha llevado a muchas empresas a elegir estos sistemas sin la debida consideración, a menudo influenciadas por tendencias o simplemente copiando otras, convirtiéndolos en el punto de referencia dominante para implementar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC). La certificación que acompaña a la ISO 9000 otorga un nivel de confianza en la capacidad de una organización para garantizar la conformidad, por lo que existe una creciente demanda de este certificado por parte de proveedores por parte de empresas y administraciones públicas. Sin embargo, la difusión de esta innovación organizacional tiene ciertas características únicas, tanto en términos de sus condiciones o factores determinantes como de sus resultados.

## **Universalidad**

La cuestión de seleccionar el enfoque de Gestión de la Calidad más adecuado para una organización se complica por la amplia gama de opciones disponibles. Los gerentes enfrentan el dilema de decidir qué enfoque adoptar y cómo encajará dentro de su organización. Además, existe la cuestión de si estos enfoques, cuando se consideran a escala global con todos sus elementos interconectados, pueden intercambiarse, estandarizarse y aplicarse universalmente fácilmente en todas las organizaciones, industrias y países.

En realidad, estas preguntas han llevado a tres conceptos erróneos en el pensamiento gerencial: igualitarismo, estandarización y determinismo. Estos conceptos erróneos han surgido como resultado de la institucionalización de innovaciones organizativas y han tenido consecuencias negativas. En última instancia, son las razones subyacentes del fracaso en la implementación de Sistemas de Gestión de Calidad (SGC).

El error del igualitarismo, o intercambiabilidad, supone que cualquiera de los enfoques de Gestión de la Calidad estudiados puede ser utilizado por una organización para lograr resultados excepcionales y sostenibles. Sin embargo, al comparar el desempeño de diferentes enfoques, resulta evidente que producen resultados significativamente diferentes. Lamentablemente, muchos

directivos no reconocen esto y, en cambio, priorizan enfoques reactivos y de garantía de calidad, cuya eficacia es deficiente.

La institucionalización es un proceso social complejo que implica la adopción y aceptación generalizada de ciertos principios y prácticas de gestión dentro de una comunidad de práctica específica. Cuando los individuos simplemente imitan las estrategias exitosas de los innovadores originales, se produce un fenómeno conocido como mimetismo institucional. Este enfoque defectuoso da como resultado la estandarización de los principios y prácticas adoptados, tratándolos esencialmente como un modelo fijo e inmutable. Otro problema que surge de la institucionalización es el determinismo, donde el modelo estándar se percibe como universalmente aplicable sin considerar los contextos únicos de diferentes organizaciones, culturas y entornos.

## **El igualitarismo**

### ***Importancia en la planificación de la Gestión de Calidad***

Una de las principales razones por las que fracasan los proyectos de Gestión de la Calidad es la falta de una planificación formal de la calidad. En términos más simples, cuando las técnicas de mejora de la calidad se aplican de manera reactiva y dispersa, a menudo conducen a un éxito deficiente en la Gestión de la Calidad. Este enfoque reactivo implica implementar prácticas operativas o modificar procedimientos sin una planificación adecuada de antemano. Si bien se ha descubierto que las pequeñas empresas de servicios locales pueden lograr un buen desempeño sin un sistema formal de gestión de la calidad, en general se cree que el éxito de las iniciativas de calidad depende en gran medida de la planificación formal.

La colaboración de políticas y procedimientos es necesaria para garantizar el cumplimiento de los estándares y la misión establecidos. Sin formalizar el enfoque de Gestión de la Calidad, las organizaciones suelen experimentar lo que se conoce como confusión de la calidad. Ejemplos de esta confusión incluyen implementar técnicas de control estadístico de procesos antes de definir los procesos de la empresa, o adoptar un enfoque de procesos sin modificar la estructura organizacional o adoptar una visión global y holística de la organización.

A pesar de cierto escepticismo por parte de los expertos en calidad, la evidencia empírica sugiere que establecer objetivos cuantificados aporta beneficios significativos a aspectos cruciales del éxito de una organización en los sistemas de calidad, como el compromiso de los empleados, el desempeño del equipo y el uso efectivo de técnicas como la reingeniería de procesos. Es importante señalar que la ausencia de una planificación formal indica una falta de compromiso con la calidad por parte de la alta dirección, que delega su responsabilidad a los niveles operativos, lo que da como resultado una organización sin un plan creíble y sistemático.

A pesar de recibir estas advertencias basadas en las lecciones aprendidas, las empresas muchas veces las ignoran y continúan utilizando prácticas sin considerar la presencia de un plan

de calidad que organice e integre estos esfuerzos o la implementación de un marco cultural que ayude a priorizar y seleccionar estas prácticas. Las empresas reactivas tienden a desarrollar prácticas relacionadas con el aseguramiento de la calidad y la Gestión de la Calidad Total sin alinearlas con un plan de calidad. De manera similar, las empresas con un enfoque de Transformación Cultural Continua (TCC) pueden adoptar prácticas de GCT sin adoptar plenamente los valores y principios que deben guiar su implementación en toda la organización.

Otro factor clave para comprender el éxito de la Gestión de la Calidad radica en la utilización de estrategias que implican una planificación e implementación minuciosas de iniciativas diseñadas específicamente para controlar y mejorar la calidad del producto. Esto implica la adopción de una variedad de prácticas y herramientas que se planifican y ejecutan cuidadosamente. En el futuro, las secciones siguientes proporcionarán una descripción general concisa de los pros y los contras asociados con el enfoque de garantía de calidad en comparación con el enfoque GCT.

### ***Aseguramiento***

Existe un amplio consenso entre muchas personas que creen firmemente en las numerosas ventajas que conlleva la adopción del enfoque de garantía de calidad. Esta creencia está respaldada por una cantidad considerable de evidencia empírica. Por ejemplo, un estudio realizado por Casadesús y Alberti (2003) sobre 400 empresas catalanas certificadas encontró que el 97% de ellas reportaron beneficios al obtener la certificación. Las ventajas más significativas mencionadas fueron la disminución de no conformidades, la mejora de la satisfacción del cliente, la mejora de las relaciones con los proveedores, la reducción de las quejas de los clientes, mejores sistemas de sugerencias y participación de los empleados en los equipos de trabajo y el cumplimiento de los plazos de entrega de los productos.

Todos estos beneficios fueron citados por más del 50% de las empresas encuestadas. De manera similar, otro estudio digno de mención realizado por Melnik, Sroufe y Calantone (2003) examinó 1.510 empresas estadounidenses que habían implementado el marco SIGMA. El principal hallazgo de esta investigación fue que el impacto positivo en varios indicadores de desempeño, como la reducción de costos, el tiempo de entrega, la reducción de desperdicios en los procesos de producción y la selección de equipos, así como la mejora de la calidad del producto, la posición en el mercado, la reputación, el diseño y el desarrollo de productos superiores. productos, la penetración en mercados internacionales y la rentabilidad asociada a la inversión, fue aún mayor cuando el sistema de gestión implementado también fue certificado con la norma ISO 14001. Este efecto positivo se observó en todos estos indicadores, a excepción del indicador de posición de mercado.

Los beneficios que una empresa puede obtener al adoptar un enfoque canónico para el aseguramiento de la calidad provienen tanto de las ventajas de tener un sistema de Gestión de

Calidad con las características especificadas como de los beneficios adicionales de poseer un certificado externo que valide objetivamente el sistema. Normalmente, estos beneficios se pueden clasificar en operativos y estratégicos.

Los beneficios operativos asociados con seguir un enfoque canónico incluyen la reducción de costos y el crecimiento de la productividad, logrados a través de una mejor organización interna, utilización eficiente de recursos, procedimientos documentados para garantizar la coherencia independientemente del personal, mejora de procesos y reducción de costos de no calidad a través del control y la reducción de Problemas internos de calidad como defectos, desperdicios y reprocesamiento.

El mantenimiento continuo de auditorías internas y el compromiso con acciones correctivas pueden servir como herramientas valiosas para la mejora continua. Por ejemplo, el Hotel Samba en Benidorm informó ahorros significativos en el consumo de agua (32%), consumo de electricidad (17%), agua caliente (8,6%) y lavado diario de toallas (reducción del 40% al solicitar a los clientes que no cambiaran las toallas diariamente). tras implementar un sistema de gestión ambiental acreditado con EMAS e ISO 14001.

Otro estudio realizado en 183 empresas valencianas certificadas por la norma ISO 9001 encontró que el 58% de la muestra experimentó un aumento de productividad tras la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad estandarizado, mientras que el 31% lo hizo. no se observó ningún efecto y el 11% tuvo un impacto negativo. Además, un estudio realizado a 28 empresas certificadas concluyó que todas consideraban rentable la inversión en implementar y certificar un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2000. Sin embargo, uno de los valores operativos más importantes de la certificación es el establecimiento de disciplina en la documentación de todas las acciones implementadas y los datos esenciales, como los costos de calidad y no calidad.

Un sistema de aseguramiento permite crear una estructura que proporciona información y estandariza los procedimientos. La implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad requiere sistematizar y documentar todas las tareas y procesos dentro de la organización, lo cual es crucial para verificar el cumplimiento de los estándares de servicio y las regulaciones del sistema y garantizar que esta información sea accesible para toda la organización.

La documentación, que puede definirse como el acto de seguir instrucciones escritas y registrar las tareas completadas, desempeña un papel crucial para facilitar la comunicación eficaz de objetivos y políticas. Y, garantiza que las acciones tomadas se alineen con estos objetivos y políticas, lo que en última instancia resulta en un entorno organizacional armonioso y cohesivo. Al documentar varios procesos, procedimientos y actividades, las personas dentro de una organización pueden mantener una comprensión clara de lo que se debe lograr y cómo se debe lograr. Esta documentación completa no sólo ayuda a difundir información crucial, sino que

también sirve como punto de referencia confiable para futuros esfuerzos. En consecuencia, la documentación respalda la implementación exitosa de estrategias y fomenta un sentido de responsabilidad y transparencia dentro de la organización:

- La organización se esfuerza por garantizar el cumplimiento de las expectativas y especificaciones establecidas por los clientes, así como por otras personas o entidades con intereses creados en sus operaciones. Adicionalmente, se compromete a cumplir con todas las obligaciones legales y reglamentarias pertinentes, así como con cualquier requisito adicional que haya sido reconocido y acordado por la organización.
- Una función importante de una organización es gestionar y racionalizar eficazmente sus actividades. Esto implica organizar y establecer procesos y procedimientos sistemáticos que puedan ser seguidos por todos los niveles y departamentos de la organización. Así, también conlleva documentar y codificar las prácticas más efectivas y exitosas que se han identificado para compartirlas e implementarlas en toda la organización.
- Proporcionar formación adecuada.
- La capacidad de replicar y rastrear procesos o acciones.
- Recopilar grandes cantidades de datos dispersos en múltiples puntos dentro de la organización de manera estructurada.
- Para obtener el certificado es necesario aportar a la empresa certificadora evidencia objetiva que demuestre que el sistema cumple con los requisitos de la norma. Esta evidencia se utilizará para revisar el sistema y determinar su elegibilidad para la certificación.
- La evaluación de la eficacia y eficiencia del sistema sirve como un proceso crucial para identificar áreas donde se pueden realizar mejoras para mejorar la calidad tanto de los productos como del sistema mismo. Esta evaluación actúa como base para implementar acciones correctivas y preventivas para abordar cualquier deficiencia identificada y garantizar un desempeño óptimo.

La implementación de sistemas regulatorios es beneficiosa ya que ayuda a definir claramente las responsabilidades y competencias asociadas a cada puesto de trabajo. Esto permite tener mayor claridad en la determinación del perfil de cada puesto, sin que los empleados se sientan amenazados. En consecuencia, esto puede conducir a mejoras en la eficacia laboral, la comunicación y las relaciones interpersonales.

Desde una perspectiva estratégica, los sistemas regulatorios pueden ayudar a las empresas a superar las barreras técnicas en los mercados internacionales, facilitando el acceso a nuevos mercados. Esto es particularmente importante en transacciones comerciales donde demostrar una

alta calidad es esencial. Al tener un registro de empresa y adherirse a las normas ISO, las empresas pueden ingresar a los mercados internacionales sin la necesidad de someterse a exámenes repetidos en diferentes países. De hecho, la creación de ISO fue impulsada por el objetivo de coordinar y unificar estándares industriales a nivel mundial, promoviendo un sistema de comercio libre y abierto. La aceptación internacional de criterios comunes para certificar la calidad de productos y procesos, garantizados a través de un SGC estandarizado o SIGMA, reduce el riesgo de que se utilicen regulaciones técnicas como barreras de entrada.

La presión competitiva es otro factor importante que motiva a las empresas a adoptar un enfoque de garantía de calidad. Una forma de lograrlo es mediante la certificación, que sirve para fortalecer las características y cualidades únicas de un producto de diversas maneras:

- La implementación y el mantenimiento de un nivel deseado de calidad por parte de una empresa puede conducir a un aumento de la satisfacción del cliente. Esto se debe a que la empresa es capaz de brindar servicios que satisfagan las expectativas del consumidor, satisfaciendo así sus necesidades. La certificación se considera una herramienta adecuada para abordar las necesidades de los consumidores, ya que no sólo satisface sus expectativas actuales sino que también predice sus necesidades futuras.
- El concepto de garantía de calidad es particularmente importante en industrias donde existe una sólida relación cliente-proveedor y el cliente quiere asegurarse de recibir productos o servicios de alta calidad. También es importante en industrias donde puede haber riesgos potenciales para la salud o la seguridad del consumidor, como restaurantes, agencias de viajes, la industria aeroespacial o la producción de energía nuclear. En estos entornos regulados, a menudo se exige la certificación, ya que se considera una garantía de calidad y confiabilidad para el cliente. La certificación brinda una sensación de profesionalismo a los proveedores de servicios, asegurando al cliente que se cumplirán sus requisitos y evitando problemas o decepciones inesperadas. No es de extrañar que muchos clientes exijan ahora la certificación a sus proveedores. En sectores como el turístico, donde las ventas suelen realizarse a través de intermediarios, la exigencia de certificación y la promoción de información sobre la calidad de los establecimientos proviene principalmente de los canales de comercialización que incluyen este requisito en sus políticas de compra. La confianza que inspira un sistema certificado reduce la necesidad de auditorías de calidad por parte de los compradores y elimina la necesidad de evaluaciones repetidas por parte de múltiples clientes.
- La certificación suele verse como una herramienta de marketing útil que permite a las empresas mostrar su compromiso con la mejora de la calidad. Al obtener certificaciones, las empresas pueden diferenciarse de sus competidores y establecer una reputación por ofrecer productos o servicios de alta calidad. Algunos investigadores sugieren que la motivación principal para implementar sistemas de gestión de calidad, como ISO 9000, es

mejorar su imagen en lugar de centrarse únicamente en la mejora de procesos. Asimismo, las certificaciones relacionadas con la sostenibilidad ambiental o las prácticas éticas pueden contribuir aún más a construir una imagen positiva de la empresa asociada a valores específicos. Esta imagen puede atraer a consumidores que priorizan estas virtudes, lo que lleva a una preferencia por productos o servicios de organizaciones certificadas en segmentos de mercado sensibles a estos valores.

Cuando se trata de certificación de sistemas de gestión, es importante señalar que la certificación se otorga al sistema propio de la empresa y no a sus productos. Esto significa que la organización no puede incluir ninguna referencia a la norma en sus productos. Sin embargo, a los clientes a menudo les resulta difícil separar la empresa (junto con su sistema de gestión) del producto en sí. Esto se puede ver en el caso de hoteles que exhiben con orgullo el logotipo de la certificación en sus instalaciones, así como en materiales promocionales como guías y folletos. Por tanto, el valor percibido asociado a la imagen de calidad certificada dependerá en gran medida de las campañas de comunicación y de imagen externa de la empresa.

Sin embargo, el verdadero impacto de la certificación como herramienta de comunicación y creación de una imagen de calidad reside principalmente en la certificación de productos. En diversos sectores económicos, existe un número creciente de sistemas de certificación que permiten distinguir los productos en función de atributos específicos. Por ejemplo, en el sector turístico existen marcas de calidad que pretenden diferenciar los establecimientos en función de determinados estándares de excelencia, similares a The Leading Hotels of the World, Biosphere Hotels, Quality Clubs o clasificaciones como la Guía Michelin.

También existen otras iniciativas de certificación de productos que tienen un impacto significativo en la percepción del cliente, como los esquemas de ecoetiquetado que distinguen productos respetuosos con el medio ambiente, como la Etiqueta Ecológica Comunitaria, la Marca Ambiental de AENOR, o esquemas de ecoetiquetado turístico como el Sello Q Verde, la Fundación Estrella Verde del Medio Ambiente, o la Bandera Azul Europea. Además, existen sistemas de etiquetas sociales, entre los que se incluye el Sello Fairtrade.

La certificación también ofrece ventajas como herramienta de control de proveedores, ya que proporciona a la empresa información sobre problemas externos de calidad, que se basan en quejas y reclamos de los clientes. Esto ayuda a la empresa a evaluar la calidad de los servicios prestados por los proveedores. Los sistemas de certificación suelen requerir trabajar con proveedores homologados y la empresa mantiene un registro de las incidencias que puedan producirse. Sin embargo, esta práctica puede resultar más desafiante para ciertas industrias, como las agencias de viajes, donde la capacidad de reemplazar proveedores aprobados debido a problemas de calidad es limitada. Por ejemplo, si solo hay una aerolínea que cubre una ruta específica, o si un determinado servicio solo está disponible a través de proveedores en entornos

con una cultura de calidad poco desarrollada, es posible que la empresa necesite mantener una lista de proveedores no aprobados.

Este aspecto plantea un obstáculo profesional importante para la empresa, ya que puede verse obligada a renunciar a mayores beneficios y sustituir proveedores plagados de problemas de calidad. Adicionalmente, la empresa puede estar obligada a notificar a los clientes sobre la posible aparición de problemas de calidad al utilizar servicios prestados por proveedores no aprobados. Además, esta situación también puede ayudar en la creación de acuerdos colaborativos de calidad.

A estas críticas también han contribuido voces académicas, destacando el predominio de evidencia anecdótica a favor de la certificación. Es importante reconocer que la posesión de una certificación no garantiza la competitividad de una empresa. Es posible tener un manual de calidad bien documentado y utilizarlo para la gestión organizacional, y aun así experimentar resultados financieros y de mercado insatisfactorios. Por tanto, es fundamental no confundir el cumplimiento de la calidad con la competitividad o la satisfacción del cliente.

Al reconocer estas ventajas potenciales, muchas organizaciones se han dado cuenta de que la certificación y la GCT son modelos complementarios. Entienden el valor de invertir esfuerzos para lograr y mantener estándares como punto de partida hacia la implementación de GCT. La disciplina y el enfoque sistemático inherentes a las acreditaciones reconocidas pueden ayudar a integrar el proceso de mejora de la calidad en la cultura organizacional. Si bien, es importante señalar que el aseguramiento de la calidad ha enfrentado severas críticas y muchos gerentes expresan insatisfacción con los beneficios percibidos.

Hay otras ventajas potenciales que a menudo se discuten, pero su validez está abierta a debate. Por ejemplo, algunos sostienen que una mejor comunicación y un conocimiento interno de los aspectos relacionados con la calidad pueden conducir a un mayor compromiso de los empleados. Sin embargo, este es un punto que puede cuestionarse y que se explorará más a fondo. Una cita atribuida a un vicepresidente de Motorola capta este sentimiento, afirmando que ISO 9000 es lo peor que le puede pasar a la calidad. Esta desilusión sugiere que el proceso de imitar la GCT a través de instituciones de certificación enfrenta desafíos importantes. De hecho, muchos gerentes que han buscado la certificación expresan una brecha significativa entre sus expectativas iniciales y los resultados reales que han logrado.

Se ha hecho hincapié constante en el hecho de que el proceso de obtención de la certificación es costoso y requiere mucho tiempo. Además, se ha sugerido que en el corto plazo este proceso puede generar mayores costos o no tener un impacto significativo sobre ellos. Climent (2005) realizó un estudio del que arrojó dos conclusiones destacables. En primer lugar, se encontró que para casi el 61% de las empresas, los costos asociados a la implementación y certificación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de acuerdo con la norma 9001:2000 eran significativos. En segundo lugar, se observó que más del 78% de las organizaciones no priorizaban la reducción

de costes como objetivo fundamental, lo que supone un aumento de 14 puntos respecto a un estudio anterior realizado dos años antes.

Otro estudio realizado por Martínez-Costa y Martínez-Lorente (2003), centrado en empresas certificadas según la norma ISO 9000:1994, también reveló que las empresas certificadas no experimentaron mejoras sustanciales en los resultados financieros y operativos en comparación con las empresas no certificadas. De manera similar, Eisen y Mulraney (1992) descubrieron que los beneficios ofrecidos por ISO pueden no compensar los costos totales del aseguramiento de la calidad, basándose en un estudio en el que participaron 338 empresas australianas certificadas. De hecho, la investigación realizada por Casadesús y Alberti (2003) reveló que menos del 30% de las empresas certificadas vieron una mejora en el retorno de la inversión después de implementar un SGC estandarizado y obtener la certificación.

Si los consumidores continúan priorizando el precio sobre la certificación, aumentaría el costo de oportunidad de invertir en certificación. Esto plantea la cuestión de si la certificación realmente genera más órdenes de compra. De manera similar, Casadesús y Alberti (2003) encontraron datos preocupantes que menos del 45% de las empresas certificadas lograron aumentar sus ventas o participación de mercado, y menos del 30% experimentó un aumento en las ventas por empleado. Corbett, Montes y Kirsch (2002) también realizaron un estudio sobre los tres sectores industriales estadounidenses con mayor número de certificados entre 1988 y 1997 y no encontraron evidencia de beneficios externos en términos de ventas o ingresos después de obtener la certificación. Además, una alta satisfacción del cliente con la certificación no necesariamente resulta en una mayor lealtad o compras repetidas.

Otros problemas del sistema de garantía de calidad surgen en el proceso de establecimiento, implementación y actualización de normas. En esta etapa es necesario superar tres dificultades:

- Uno de los principales desafíos en la implementación de procedimientos en el trabajo diario es la falta de alineación entre quienes desarrollan los procedimientos y las personas que realmente realizan las tareas diariamente. Por lo general, la responsabilidad de desarrollar procedimientos recae en los coordinadores o directores de calidad, quienes pueden no tener experiencia de primera mano en la ejecución de estas tareas. Como resultado, los requisitos descritos en los procedimientos a menudo no reflejan con precisión la forma real en que se lleva a cabo el trabajo. Otro problema surge cuando los procedimientos no se alinean con la cultura, terminología u organización local. Este desajuste puede crear una sensación de desconexión y confusión entre los empleados, lo que dificulta su capacidad para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva. Es crucial que los procedimientos se adapten a las necesidades y características específicas de la organización y su fuerza laboral para garantizar su exitosa implementación e integración en el trabajo diario.

- Los procedimientos a menudo no se presentan de manera concisa. Los creadores de estos procedimientos suponen que una vez que se establezca un estándar, aquellos afectados ajustarán automáticamente sus prácticas laborales para alinearse con las nuevas directrices. Desafortunadamente, esta suposición conduce a una falta de consideración para capacitar a los destinatarios de estos procedimientos y a descuidar el seguimiento de su eficacia. Como resultado, los manuales terminan acumulando polvo en los estantes en lugar de utilizarse como referencia prevista para la ejecución de tareas. Irónicamente, las personas inteligentes dentro de la organización justifican esta situación afirmando que la mayoría de los empleados ya saben qué hacer y, si cometen errores, sus supervisores los corregirán.
- La utilización de estos procedimientos normalmente no está regulada, lo que hace que el diseño del sistema de gestión quede obsoleto en comparación con las prácticas organizativas actuales. Esto es especialmente cierto en empresas grandes y complejas que carecen de un sistema de información capaz, ya que los cambios realizados por los propietarios de los procesos pueden fácilmente pasarse por alto y no incluirse en el manual de calidad. Como resultado, puede haber un lapso de tiempo significativo entre la implementación de cambios de procedimiento y su documentación en papel.

Es evidente que si los expertos participaran en el desarrollo y diseño de los procedimientos, se ayudaría a aliviar este problema. Consensuando con el coordinador adecuado se podrían difundir los procedimientos y poner en marcha acciones formativas adecuadas para adaptarse a posibles cambios en la normativa. Este enfoque también permitiría que los procedimientos sirvieran como depósitos de la memoria organizacional. Además, pueden surgir problemas de acoplamiento al intentar cumplir con los requisitos del mercado y satisfacer la demanda.

Crear estándares es una tarea compleja que implica analizar el mercado y comprender la demanda del servicio estandarizado. También requiere seleccionar indicadores relevantes y determinar sus niveles apropiados. Sin embargo, es importante señalar que estos estándares solo brindan una instantánea del servicio en un momento específico, lo que limita su valor a la estabilidad de la demanda. En mercados de servicios que cambian rápidamente, donde las expectativas y necesidades de los clientes evolucionan con el tiempo, es necesario transformar estos estándares de una "foto" estática a una "película" dinámica que capture las demandas cambiantes de los clientes.

Los sistemas de garantía de calidad, especialmente en las empresas de servicios, no pueden permanecer estáticos. Junto con los estándares, la definición de un sistema de garantía de calidad debe incluir mecanismos para monitorear la satisfacción y adaptarse a las expectativas cambiantes de la demanda. También debería contar con procedimientos flexibles para modificar las normas basándose en las lecciones aprendidas de los estudios en curso. En realidad, este enfoque dinámico de orientación al cliente a menudo se pasa por alto, ya que las empresas certificadas tienden a

volverse complacientes una vez que han alcanzado el estándar. Además, la carga administrativa asociada con el proceso de aseguramiento dificulta la adaptación a los cambios rápidos.

El valor de la normalización radica en su capacidad de proporcionar a los organismos reguladores las herramientas necesarias para monitorear las demandas cambiantes y garantizar la competencia de los organismos y procedimientos en la actualización de las normas. Si bien, el costo de la estandarización y la necesidad de consenso entre todas las partes interesadas pueden obstaculizar su contribución a los resultados comerciales.

La normalización requiere una autoridad rectora, como ISO a nivel mundial, CEN en Europa y AENOR en España. Sin embargo, aún está por demostrarse la capacidad de estas autoridades para producir y actualizar normas de acuerdo con las demandas del mercado. El largo proceso de desarrollo y consenso sobre normas, así como la necesidad de una adaptabilidad constante, plantean dudas sobre la compatibilidad entre la normalización y el mercado. Si bien la estandarización puede brindar la ventaja de garantizar la calidad del producto para los clientes, surgen críticas sobre su contribución a la construcción de buenas relaciones con clientes y proveedores y su capacidad para garantizar la satisfacción del cliente. Algunos argumentan que la norma ISO 9000, si no se implementa correctamente, puede perjudicar la posición competitiva de una empresa en el mercado internacional.

De manera similar, muchas empresas creen que alcanzar este estándar no conduce automáticamente a una mejora de la calidad o la competitividad. La certificación del sistema de una empresa no garantiza un compromiso con la calidad, la calidad de sus productos o el cumplimiento de los estándares de calidad; simplemente demuestra el cumplimiento de procedimientos predefinidos y documentados. Es posible que una organización produzca consistentemente productos defectuosos y aun así tenga un SGC aceptable y certificado, pero es poco probable que logre la certificación o aprobación para sus productos. En última instancia, el éxito de un SGC o SIGMA depende de las decisiones y acciones de la dirección.

Una desventaja de los enfoques de garantía de calidad es que a menudo resultan en una pérdida de flexibilidad. Esto se debe al aumento de la burocracia, el formalismo y el papeleo que conlleva la implementación de estos enfoques. A muchas organizaciones se les dice que "documenten lo que hacen y hagan lo que documenten", lo que lleva a la creación de sistemas de gestión de la calidad que son simplemente colecciones de documentos que describen lo que las organizaciones creen que es necesario para cumplir con el estándar.

Si bien se reconoce que estas directrices no deben ser exhaustivas, las organizaciones suelen cumplirlas estrictamente, sin tener en cuenta las necesidades específicas de la empresa. Algunos argumentan que los valores positivos inherentes a la documentación pueden verse fácilmente socavados si los empleados la ven como una tarea adicional que cumplir en lugar de una herramienta para mejorar el desempeño organizacional. También existen dudas sobre la

equivalencia obligatoria entre la certificación y la eficacia de los procesos de una empresa. La certificación suele ser impuesta por el mercado, lo que hace que las empresas se certifiquen por obligación. Como resultado, la certificación se convierte más en un objetivo en sí mismo que en un medio para implementar un sistema de gestión de calidad que mejore el desempeño organizacional. Este problema es especialmente frecuente entre las organizaciones que buscan la certificación debido a las demandas de los clientes y las regulaciones gubernamentales. El estudio de Climent (2005) revela que mientras sólo el 10% de las empresas de la muestra creía que la certificación era simplemente una forma de documentar las prácticas existentes, este porcentaje se elevaba al 15% y al 22% entre las empresas que debían certificarse por clientes y administraciones públicas, respectivamente.

Si una empresa obtiene la certificación por sus mejores prácticas pero no implementa y mantiene sistemas de análisis y mejora, el valor de la certificación sólo puede servir para comunicar los esfuerzos pasados de la organización. Sin embargo, cuanto más tiempo lleve una empresa certificada, más probable será que haya adoptado los principios de ISO 9001:2000 y haya mejorado su desempeño. La investigación realizada por Climent (2005) respalda esta noción, ya que muestra una clara tendencia al alza en la productividad para las empresas con certificaciones de mayor duración, observándose un aumento del 100% en aquellas certificadas durante más de ocho años.

Los estudios de Corbett, Montes y Kirsch (2002) y Corbett et al. (2002) también han encontrado que las empresas certificadas con ISO 9000 experimentan una mayor rentabilidad económica a través de un mejor control de costos y mayores ventas, aunque estos beneficios sólo pueden lograrse en el largo plazo. La reducción de costos a corto plazo suele observarse en empresas con múltiples certificaciones. Por otro lado, otros estudios (por ejemplo, Casadesús, Heras y Arana, 2004; Casadesús y Karapetrovic, 2003) sugieren una disminución de los beneficios de ISO 9000 con el tiempo, así como una disminución del poder de diferenciación de la certificación debido a una mayor competencia y el creciente número de empresas certificadas. Esta erosión de beneficios puede atribuirse al efecto de imitación. En la industria hotelera es común observar el mal uso del principio de documentación. Si bien la recopilación de datos sobre la satisfacción del cliente es crucial para comprender su percepción sobre el cumplimiento de las expectativas, a menudo se convierte en una mera tarea de procedimiento cuando se realiza a través de encuestas autoadministradas que los propios empleados pueden ignorar frente a los clientes. En consecuencia, la información recopilada no se utiliza para planificar mejoras. Camisón y Yepes (1994) han expresado preocupaciones sobre la aplicación del enfoque de aseguramiento en los servicios turísticos, ya que puede conducir a prácticas orientadas al control, sistemas burocráticos y un enfoque en la documentación en lugar de la mejora de procesos, especialmente en organizaciones con sistemas tradicionales e ineficaces. procesos de gestión de recursos. La eficacia de un enfoque de garantía de calidad se basa en identificar tareas de documentación valiosas

mediante la racionalización de tareas y la eliminación de cargas innecesarias, manteniendo al mismo tiempo el compromiso con la mejora continua de los procesos.

Hay opiniones divergentes sobre si el enfoque de aseguramiento es adecuado para las empresas de servicios, ya que se basa principalmente en prácticas industriales. El argumento es que los servicios no pueden depender de los métodos utilizados por las empresas industriales debido a las características únicas inherentes a su naturaleza. Esta perspectiva es particularmente firme cuando se trata de lo que se conoce como enfoques mecanicistas, que ven a los individuos como meras "ruedas dentadas" en los sistemas de garantía de calidad, sin tener en cuenta la importancia de la gestión de recursos humanos para lograr la mejora de la calidad.

Si bien el enfoque mecanicista es valioso para productos tangibles y operaciones estructuradas, no se considera apropiado para los servicios. Las críticas a la falta de adaptación de la certificación a las actividades terciarias pueden no estar bien fundadas, ya que confunden la responsabilidad de cada empresa en la definición de estándares de procesos y especificaciones de productos con la responsabilidad institucional de especificar los requisitos del sistema de calidad. Algunas de las deficiencias identificadas podrían abordarse fácilmente utilizando la guía ISO 9004-2 de 1994, que describe específicamente los requisitos para un sistema de calidad interno en una empresa de servicios y proporciona un procedimiento para la mejora continua de la calidad.

Por el contrario, desde hace mucho tiempo se critica la negligencia del aspecto cultural en el enfoque de garantía de calidad. Si bien las normas ISO enfatizan la importancia de un sistema para documentar y garantizar la calidad, no incorporan otros principios esenciales de la calidad total. En esencia, las normas ISO sirven simplemente como un medio para registrar los procedimientos y prácticas empleadas, sin abarcar realmente el concepto de calidad general. La ambigüedad de los sistemas ISO es evidente ya que no abordan la necesidad de una reestructuración organizacional, los valores que deben estar integrados en la gestión de recursos humanos, el compromiso requerido de toda la organización o el énfasis en el aprendizaje continuo (Aguayo et al., 2018)

Incluso críticos como Seddon (1997) sostienen que la estandarización socava la motivación de los empleados y obstaculiza la capacidad de una empresa para capitalizar las oportunidades de mejora. Además, el estudio empírico realizado por Casadesús y Alberti (2003) presenta hallazgos preocupantes al respecto. Menos del 50% de las empresas citan la satisfacción laboral como un beneficio de la certificación, y menos del 5% de la muestra aprecian sólo marginalmente la disminución del ausentismo laboral.

De manera similar, Muñoz-Seca y Riverola (2003) expresan su decisión de hacer la transición de la Gestión de la Calidad a la Gestión del Conocimiento, afirmando que los programas de calidad, incluidos conceptos populares como kaizen, a menudo brillan inicialmente y producen

resultados inmediatos, pero se desvanecen gradualmente. Esto a menudo se debía a una falta de atención sostenida por parte de la alta dirección.

Los objetivos establecidos por una empresa al inicio de su proceso de certificación juegan un papel crucial en la configuración de su trayectoria posterior. Al considerar este escenario, podemos discernir tres caminos distintos que suelen tomar las organizaciones certificadas, lo que nos permite reconocer tres perfiles de empresa distintos:

- Son numerosas las empresas que han optado por modelos de certificación basados en sus propias creencias y motivaciones, viéndolo como una herramienta valiosa para mejorar sus procesos y lograr mejores resultados. Es probable que estas organizaciones constituyan la mayoría de aquellas que ya han renovado su certificación o planean hacerlo en el futuro. Cabe mencionar que entre este grupo existe una tendencia creciente a adoptar sistemas más integrales que se concentren en mejorar la gestión, como el modelo EFQM en el marco de la Gestión de la Calidad Total (GCT). Para estas empresas, la certificación no se considera un objetivo final en sí mismo; más bien, sirve como un paso inicial para alcanzar niveles más altos de TQM. Este enfoque ofrece varias ventajas, incluida la reducción de costos asociados con la gestión y el mantenimiento, ya que elimina la necesidad de consultores o certificadores externos, así como una carga más ligera en términos de procesos de documentación y medición. Si bien, debe reconocerse que existe un riesgo potencial de que algunas empresas dentro de este grupo avanzado se sientan insatisfechas con el modelo ISO y, sin presiones externas, abandonen potencialmente el enfoque de certificación. No obstante, un número significativo de empresas de esta categoría seguirán considerando la certificación como un componente integral de sus prácticas de GCT, destinadas a lograr una gestión eficiente de los procesos.
- Hay un número significativo de empresas que se han visto obligadas por las fuerzas del mercado a adoptar un sistema de garantía de calidad. Es más probable que estas empresas renueven voluntariamente su certificación, ya que puede resultar beneficioso para retener su base de clientes. Esta tendencia es particularmente notable entre las pequeñas y medianas empresas (PYME). Por otro lado, Van der Wiele, Dale y Williams (1997) descubrieron que las empresas que están obligadas a certificar debido a las demandas de los clientes normalmente no avanzan más hacia la gestión de la calidad total, y el 85% de estos casos exhiben este patrón.
- Hay empresas que han implementado sistemas de control de calidad simplemente porque lo consideraban una moda o con el fin de proyectar una determinada imagen. Estas organizaciones no han realizado ningún esfuerzo para mejorar o avanzar hacia la Gestión de Calidad Total después de obtener la certificación. En cambio, confían únicamente en

mostrar el certificado y sólo pueden considerar renovarlo si la tendencia continúa o si perciben beneficios en términos de su reputación como empresa certificada de calidad. Sin embargo, el paso del tiempo juega en contra de estas empresas, ya que son las que tienen menos potencial para beneficiarse verdaderamente del sistema de certificación y las más afectadas por los problemas antes mencionados.

La cuestión de si los modelos basados en el enfoque de aseguramiento y la GCT son complementarios o sustitutos es compleja. Algunos expertos advierten que las empresas que eligen la GCT sin experiencia previa pueden correr el riesgo de desanimarse. Por lo tanto, puede ser más recomendable que estas organizaciones comiencen adquiriendo experiencia con enfoques menos complejos, como implementar el CCT y lograr la certificación con un modelo de estandarización. Esto les permitiría establecer una sistematización y gestión de procesos, cumpliendo consistentemente con los requisitos del cliente antes de realizar la transición a GCT. La investigación respalda este enfoque secuencial, con estudios que indican que las empresas certificadas demuestran niveles más altos de liderazgo, desarrollo de recursos humanos y resultados de calidad en comparación con las empresas no certificadas:

- Las empresas que han recibido la certificación demuestran un aumento notable en su capacidad para gestionar procesos de manera efectiva, validando así los distintos beneficios que ofrece la certificación en términos de estandarización de estos procesos.
- Los clientes no experimentan ningún beneficio o ventaja en términos de resultados.
- Las empresas certificadas se benefician significativamente de las mejoras en la gestión de personas y procesos, lo que en última instancia genera un impacto más profundo en los resultados de los clientes.

Es importante considerar que el camino de CCT a GCT enfrenta numerosos desafíos, que han llevado a organizaciones exitosas como Club Med, Federal Express y Nissan (en el caso de SGC) o L'Oréal y Coca-Cola (en el caso de SIGMA) consideran innecesaria la acreditación por parte de un sistema reconocido, a pesar de su compromiso de cumplir con los estándares. La transición del aseguramiento de la calidad a enfoques estratégicos como la GCT puede resultar complicada.

La percepción dentro de la comunidad empresarial de la naturaleza complementaria de los modelos de aseguramiento y los modelos de GCT parece estar causando estos problemas. Según un estudio realizado por Sansalvador, Trigueros y Navas (2004), el 56% de las empresas encuestadas estaban algo o completamente de acuerdo en que la certificación ISO 9001:2000 facilita la transición a modelos TQM. Además, el 43% de las empresas expresaron su intención de ir más allá de la norma ISO 9001:2000 y adoptar la TQM en un futuro próximo.

Si bien, entre las organizaciones que no tienen esta intención, hay un uso significativamente mayor de ISO 9004:2000, lo que indica una relación directa entre la falta de compromiso con la GCT y una mayor dependencia de esta norma. Estos hallazgos sugieren que el uso de ISO 9004:2000 no promueve el desarrollo de modelos GCT, siendo las organizaciones las que utilizan este estándar de referencia como guía para optimizar el SGC implementado con base en ISO 9001:2000, mejorando así la efectividad y eficiencia de la empresa.

En consecuencia, se puede inferir que las empresas que planean adoptar GCT lo harán incorporando modelos de excelencia existentes como base. Algunos incluso argumentan que iniciar el proceso de GCT a través de la certificación es un error y recomiendan implementar los principios rectores de la GCT desde el principio, ya que algunos de ellos contradicen los valores subyacentes a la garantía. Un interesante estudio de Martínez-Lorente y Martínez-Costa (2004), realizado en 2001 con una muestra de 442 empresas de las mayores empresas industriales españolas, proporciona evidencia empírica de que los efectos positivos de la GCT sobre los resultados operativos disminuyen en las empresas que aplican simultáneamente la GCT. Modelos y certificación ISO 9000. Esto sugiere que los aspectos conflictivos de la certificación anulan los beneficios de la GCT.

La certificación por sí sola no es suficiente para implementar un modelo de Gestión de Calidad Total, puesto que abarca mucho más que los estándares de Técnico de Calidad Certificado (CCT) o Ingeniero de Calidad Certificado (CWQC). Si bien las normas ISO 9001:2000 han logrado avances significativos con respecto a la versión anterior y pueden ser beneficiosas si las organizaciones adoptan el modelo propuesto en ISO 9004:2000, la GCT aún requiere un compromiso mucho mayor en términos de recursos humanos, finanzas y esfuerzos de gestión en comparación. a la certificación.

No sorprende, por lo tanto, que los dos modelos principales para implementar CCT y GCT difieran significativamente, particularmente en aspectos intangibles relacionados con el sistema de gestión, la cultura de la empresa y el diseño estratégico y organizacional. Un estudio empírico realizado por Martínez-Costa y Martínez-Lorente (2004) confirma que las empresas con Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) basados en la norma ISO 9001:2000 tienen un mayor nivel de adherencia a los principios de GCT en comparación con aquellas sin sistemas estandarizados, con la excepción de dos dimensiones críticas: la gestión de recursos humanos y la orientación al cliente. Este hallazgo se alinea con las conclusiones de Gotzamani y Tsiotras (2001), que indican que la interpretación práctica de los gerentes del nuevo estándar no se alinea completamente con las intenciones de adoptar el enfoque de GCT. El principal obstáculo puede ser que las empresas perciban la calidad total como un proceso continuo sin un punto final definitivo.

El impacto positivo de la Gestión de la Calidad Total en el desempeño organizacional ha sido respaldado por estudios académicos. Las postulaciones teóricas sugieren que incorporar la GCT es crucial para involucrar efectivamente a los empleados en el proceso de mejorar el

desempeño organizacional. Se cree que este enfoque crea ventajas competitivas sostenibles y produce resultados financieros y de mercado significativamente mejores al fomentar el desarrollo de una cultura organizacional integrada con rutinas y valores complejos que son difíciles de observar y replicar. Otra rama de la investigación empírica se ha centrado en proporcionar evidencia de esta conexión causal. Se demostraron que incluso en tiempos económicos difíciles, los ganadores del Premio Nacional a la Calidad Malcolm Baldrige (MBNQA) parecen lograr un desempeño financiero tan bueno o incluso mejor que el de sus competidores. Sorprendentemente, incluso la tradicionalmente cautelosa función de contabilidad financiera ha reconocido los efectos financieros de la Gestión de la Calidad y se ha posicionado como defensora de los esfuerzos de GCT. Incluso se ha comparado la GCT con una segunda revolución industrial, atribuyéndola a su respuesta y adaptación a eventos globales y procesos de cambio.

En consecuencia, muchas organizaciones han adoptado el enfoque GCT, considerándolo uno de los sistemas de gestión esenciales para mejorar la competitividad en los mercados internacionales. Se ha revelado que aproximadamente entre el 75% y el 80% de las grandes empresas habían adoptado enfoques similares durante la década anterior. Además, la investigación realizada en empresas Fortune 1000 indicó que la calidad era su objetivo principal en el 76% de los casos, y el 80% implementaba programas de mejora de la calidad. Según Milakovich (1991), a principios de los años 1990, más de 3.000 corporaciones en Estados Unidos habían adoptado la GCT. La difusión de la GCT no decayó durante la década de 1990, como lo demuestra el hecho de que en 1997, el 91% de las empresas Fortune 500 habían adoptado formalmente el enfoque. La importancia del movimiento GCT se extendió más allá del sector privado y también despertó interés en la administración pública.

El proceso de difusión de este enfoque de Gestión de la Calidad ha llevado al establecimiento de la GCT como una práctica ampliamente aceptada y respetada dentro de las organizaciones. La institucionalización, que es el proceso de convertir ciertas ideas, programas o sistemas en la norma, juega un papel crucial en esto. Cuando se introduce inicialmente una innovación, a menudo se enfrenta al escepticismo de los demás. Sin embargo, si tiene éxito, se vuelve popular y atrae a un grupo de seguidores que adoptan e institucionalizan las mismas prácticas.

Este tipo de institucionalización, conocida como mimetismo institucional o isomorfismo, implica emular las mejores prácticas de los innovadores originales o seguir la guía de los gurús de la industria. Peter R. Scholtes, un reconocido experto en calidad, ha enfatizado los peligros asociados con la revolución de la calidad. Considera que el glamour creado por las publicaciones, junto con la abrumadora demanda de consultores, asociaciones y administraciones públicas para promover la GCT, ha llevado a muchos directivos y académicos a verla como una tendencia pasajera más en el campo de la administración. En general, el proceso de institucionalización de la GCT ha sido complejo y ha estado influenciado por varios factores. Si bien ha ganado un amplio

reconocimiento y aceptación, existen preocupaciones sobre su implementación y la posibilidad de que se vea simplemente como otra tendencia de gestión fugaz.

Una de las consecuencias no deseadas de esta tendencia fue lo que Schaffer llama vuelos de fantasía, que ocurren cuando las empresas exitosas comienzan a experimentar con varias ideas y creen que son invencibles. Esto se puede ver en casos como el de General Motors durante el mandato de Roger Smith como presidente en la década de 1980, donde realizaron compras infructuosas de empresas de informática y defensa y ampliaron su capacidad de producción sin considerar los riesgos que planteaba la competencia japonesa.

La constatación de que las organizaciones que intentaban copiar a los líderes en Gestión de la Calidad y adoptar sus mejores prácticas no estaban logrando los mismos excelentes resultados comenzó a generar dudas sobre la contribución positiva universal y superior de la GCT. A principios de la década de 1990, varios trabajos enfatizaron que la evidencia de las mejoras logradas por la GCT, aunque impresionante, era anecdótica y podía estar influenciada por factores como la industria, el ciclo económico o variables internas como la tecnología y la estrategia. Estos trabajos también pusieron de relieve la alta tasa de fracaso en la implementación de proyectos de GCT.

Las estimaciones de la tasa de fracaso variaron: algunos estudios sugirieron que más de la mitad de las implementaciones fallaron, mientras que otros informaron cifras que oscilaban entre el 15% y el 70%. Las empresas consultoras también observaron la baja tasa de éxito en la implementación de la GCT, y sólo un pequeño porcentaje de empresas reportaron resultados tangibles. Esta evidencia empírica, junto con la constatación de que las inversiones en calidad no siempre produjeron los resultados esperados, generó escepticismo entre muchos gerentes y niveles de insatisfacción de hasta el 80%.

### **El desafío de los proyectos del futuro**

A menudo se considera que las empresas son las principales contribuyentes a los problemas ecológicos, junto con factores como el crecimiento demográfico y los estilos de vida individuales, especialmente en las naciones industrializadas. Muchas industrias ahora ven el comportamiento ambiental responsable como un requisito necesario para mantener la legitimidad entre las diversas partes interesadas. Esto incluye organismos gubernamentales que hacen cumplir regulaciones ambientales más estrictas, el surgimiento de segmentos de mercado "verdes" y el aumento de consumidores conscientes del medio ambiente. }

El medio ambiente abarca los sistemas naturales que rodean e influyen en la actividad humana. Incluye los aspectos físicos y biológicos de nuestro entorno. Esto incluye elementos como plantas, animales, paisajes y los recursos naturales de los que dependemos, como el suelo, el agua

y el aire. También incluye a los propios humanos, ya que somos parte del entorno natural e interactuamos con él.

El desarrollo sostenible requiere la participación de la sociedad en su conjunto, pero las empresas tienen un papel especialmente importante que desempeñar. Existen diversos motivos por los que las empresas deberían priorizar el medio ambiente en sus decisiones de gestión. Una razón importante es la creciente preocupación y conciencia sobre las cuestiones medioambientales entre el público. La gente reconoce la necesidad urgente de actuar para abordar estos problemas, y esto se extiende a los consumidores, inversores, trabajadores y comunidades locales donde operan las empresas. La inversión en iniciativas medioambientales también tiene el potencial de aportar rentabilidad y ventajas competitivas a las empresas. Esto proporciona otro argumento fuerte para incorporar consideraciones ambientales en las prácticas comerciales.

La inclusión de la protección y mejora del medio ambiente como objetivos para organizaciones y gobiernos es un desarrollo relativamente reciente. El trabajo de Carson en 1962 fue un momento crucial para llamar la atención sobre los riesgos para la salud asociados con la contaminación y la degradación del planeta, enfatizando que todos los individuos están constantemente expuestos a agentes químicos nocivos. Esto llevó a que la protección del medio ambiente se convirtiera en una cuestión destacada en la década de 1960, y se consideraron enfoques de desarrollo sostenible.

Las Naciones Unidas dieron un paso significativo en 1968 al aprobar una resolución que reconocía las consecuencias negativas de los cambios ambientales inducidos por el hombre en la vida humana. Otro acontecimiento influyente ocurrió en 1972 con la publicación del Informe Meadows, encargado por el Club de Roma, que advertía sobre el agotamiento de los recursos dentro de un siglo si persistían las tasas de crecimiento económico y demográfico. El informe sostenía que el crecimiento y la protección del medio ambiente eran incompatibles y proponía la idea de crecimiento cero. Sin embargo, fue la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en 1972, celebrada en Estocolmo, la que marcó un importante punto de inflexión en la preocupación pública en este campo. La declaración final de la conferencia enfatizó la importancia de proteger y mejorar el medio ambiente para el bienestar de la población y el desarrollo económico.

El surgimiento de esta nueva línea de pensamiento se remonta a la publicación del Informe Brundtland, titulado *Nuestro futuro común*, en 1987. Este informe, que fue el resultado de años de debate y fue encargado por las Naciones Unidas, jugó un papel importante en la configuración de la política y la gestión ambiental. Introdujo el concepto de desarrollo sostenible, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esencialmente, el desarrollo sostenible aboga por un crecimiento económico que tenga en cuenta la preservación del medio ambiente natural. Simultáneamente se llevaban a cabo negociaciones para dos acuerdos

internacionales que fueron respaldados por la mayoría de los gobiernos presentes en la conferencia de Río de Janeiro.

El primero fue la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que entró en vigor en 1995 y condujo a la aprobación del Protocolo de Kioto en 1997. El Protocolo de Kioto comprometió a las naciones signatarias a limitar sus emisiones de gases de efecto invernadero, mitigando así los efectos negativos de cambio climático. El segundo acuerdo fue el Convenio sobre la Diversidad Biológica, cuyo objetivo era abordar la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos. Para garantizar el progreso y los debates continuos sobre cuestiones ambientales, se celebraron Cumbres de la Tierra posteriores cada cinco años. La Segunda Cumbre tuvo lugar en Nueva York en 1997, mientras que la Tercera Cumbre se celebró en Johannesburgo en 2002, lo que indica el compromiso continuo para abordar los desafíos ambientales globales.

El impacto del Informe Brundtland se amplificó aún más durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como la Primera Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. Esta conferencia reunió a dignatarios de 179 países y tuvo una profunda influencia en ambos. política y ciencia. Dos resultados clave de esta cumbre fueron la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que describió los derechos y responsabilidades de las naciones en la búsqueda del desarrollo salvaguardando el medio ambiente, y la Agenda Local 21, un plan estratégico para implementar los principios descritos en la Declaración de Río. Europa, en particular, ha participado activamente en la conservación y protección del medio ambiente.

Desde la aprobación de la primera Directiva medioambiental en 1967, la Comunidad Europea ha hecho de la salvaguardia del medio ambiente una máxima prioridad. Este compromiso ha sido consagrado en los Tratados, con el objetivo de lograr un crecimiento sostenible, no inflacionario y respetuoso con el medio ambiente, como se establece explícitamente en el artículo 2 del Tratado de la Unión. Esto ha llevado a la implementación de diversos programas de acción comunitaria enfocados en el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Ahora bien, es importante reconocer que la conciencia sobre las cuestiones ambientales va más allá de las presiones públicas y del mercado. Es crucial considerar varios informes, patrocinados por la comunidad empresarial, que abogan por un cambio de dirección. Una organización notable en este ámbito es el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), creado en 1991. Este consorcio, con sede en Ginebra, fue encabezado por el empresario suizo Stephan Schmidheiny y su socio Frank Bosshardt, bajo los auspicios de la Primera Cumbre de la Tierra. Compuesta por 180 empresas de todo el mundo, entre las que se incluyen importantes actores como Sony, 3M, BP, así como empresas españolas como Uniland, Acciona, RepsolYPF y Cementos Portland Valderribas, la coalición también cuenta con 50 centros nacionales y regionales asociados en Asia, Europa del Este y América Latina. Hoy, el WBCSD es

una parte integral de una sólida red global de consejos empresariales, dedicados a fomentar una relación armoniosa entre el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, mejorar las prácticas de gestión ambiental dentro de las empresas y promover la colaboración entre empresas, gobiernos y otras instituciones. Representando a España dentro de la red regional desde marzo de 2006 está la Fundación Entorno, que se ha consolidado como la organización preeminente para promover la sostenibilidad empresarial en el país.

## Conclusiones

El rápido desarrollo histórico que hemos esbozado brevemente ha traído consigo una serie de nuevas complejidades para la gestión moderna, ejerciendo en última instancia una influencia directa sobre la competitividad global de las empresas. En esencia, el panorama competitivo de la empresa abarca ahora varios componentes novedosos, entre ellos la regulación, la tecnología, el mercado y la estandarización:

- La tendencia a una mayor intervención gubernamental en forma de regulaciones tradicionales y estrategias innovadoras destinadas a promover la internalización de los costos ambientales por parte de las empresas está en aumento. Esto incluye una combinación de sanciones e incentivos diseñados para alentar a las organizaciones a adaptarse a sus responsabilidades ambientales.
- Existe una demanda creciente de avances tecnológicos que promuevan métodos de producción más limpios y ecoeficientes. Estos avances, conocidos como soluciones de beneficio mutuo o de doble beneficio, tienen la capacidad de generar beneficios ambientales y económicos simultáneamente. Algunos incluso llegan a referirse a estas soluciones como beneficiosas para todos, ya que no sólo benefician a la empresa y al medio ambiente, sino también a los consumidores. Los programas de producción limpia sirven de base para estas soluciones y van más allá de simplemente minimizar los residuos o prevenir la contaminación. El concepto de producción limpia fomenta un cambio en la gestión de la producción hacia la minimización del impacto ambiental y la prevención, en lugar de depender de tecnologías de control al final del proceso o intervenciones al final del proceso de producción.
- Existe un problema social creciente en torno a la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente natural, lo que resultará en expectativas más estrictas para las empresas con respecto a su responsabilidad ambiental. Esta demanda se originará en diversas fuentes, incluidas organizaciones sin fines de lucro que actúan como grupos de interés influyentes (como asociaciones de defensa ambiental), así como cambios en las preferencias de los consumidores que afectarán las demandas del mercado.

- El surgimiento de una mayor competencia por parte de corporaciones que buscan tomar la delantera en los mercados ecoeficientes emergentes mediante la creación de productos y procesos amigables con el medio ambiente.
- Han sido significativos los avances y el creciente reconocimiento de los modelos de certificación ambiental, que abarcan tanto los sistemas de gestión ambiental como las certificaciones de productos.

La percepción de la dirección sobre la posición y expectativas de cada grupo de interés será diferente, provocando variaciones en la política medioambiental de la empresa. La importancia que se dé a las preocupaciones ambientales de cada grupo de interés dependerá de su poder, legitimidad y urgencia ambientales. La literatura ha identificado dos grupos de interés cuyas demandas ambientales son priorizadas por la gestión: las administraciones públicas y los consumidores. La presión para que las empresas cambien su comportamiento en relación con el medio ambiente también proviene de nuevos grupos de interés que tienen expectativas diferentes y más amplias que las de los accionistas y clientes tradicionales.

La teoría de los stakeholders ha sustentado esta expansión de los grupos de interés, que inicialmente se centraron en cuestiones ambientales pero que ahora se han extendido a otras áreas. Existen múltiples grupos de interés que tienen un interés legítimo en la gestión ambiental de una empresa. Estos colectivos incluyen accionistas, inversores, clientes, proveedores, empleados, administraciones públicas, asociaciones empresariales, comunidad local, generaciones futuras, grupos ecologistas, asociaciones de consumidores y medios de comunicación.

Se cree ampliamente que la responsabilidad del desarrollo económico sostenible es compartida por todos los miembros del sistema social y ecológico. Sin embargo, cada grupo de interés puede tener diferentes atributos y expectativas cuando se trata de cuestiones ambientales, y su importancia relativa para abordar los problemas ambientales puede variar. Las administraciones públicas desempeñan un papel crucial a la hora de regular y establecer políticas económicas ambientalmente sostenibles. Su influencia en el compromiso ambiental de una empresa se evidencia a través del desarrollo legislativo y de políticas rigurosas de vigilancia y control ambiental. Las normas ambientales fijadas por las administraciones públicas existen en varios niveles, incluido el local, el autonómico, el estatal y el comunitario. El impacto de las regulaciones ambientales en el comportamiento empresarial se puede ver en las importantes inversiones realizadas para su cumplimiento. Sólo en Estados Unidos, las inversiones anuales para el cumplimiento alcanzan entre 170 y 185 mil millones de dólares, aproximadamente un 50% más que los niveles de 1990.

El Estado central tiene la competencia exclusiva en la legislación básica relativa a la protección del medio ambiente, mientras que las comunidades autónomas tienen la capacidad de establecer normas adicionales. Como resultado, hay una falta de coherencia en las regulaciones,

lo que da lugar a distintos niveles de restricciones. Además, las autoridades locales tienen poder regulatorio en áreas específicas como otorgar licencias para actividades industriales, gestionar los residuos urbanos, garantizar el suministro de agua y saneamiento y controlar los niveles de contaminación acústica.

El "movimiento verde" entre los consumidores, que aboga por el desarrollo sostenible, está adquiriendo cada vez más influencia. Este movimiento promueve un cambio en los patrones y valores de consumo, impulsando la sustitución de productos y procesos ecológicamente ineficientes. Esto crea nuevas oportunidades de negocio para empresas que puedan satisfacer las demandas del mercado centrado en el medio ambiente. El crecimiento de los nichos de mercado ecológicos está impulsado por la creciente apreciación de los consumidores por los atributos ambientales al realizar sus compras.

Este cambio es evidente en la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y desarrollo de nuevos productos. Algunas industrias comercializan fuertemente sus productos en función de su desempeño ambiental. En Estados Unidos, la proporción de productos ecológicos entre todos los productos nuevos ha superado el 10%. Esta tendencia no se limita a los productos físicos, ya que también se puede observar en el ecoturismo y los productos financieros éticos. Sin embargo, existe la preocupación de que la falta de concienciación de los consumidores conduzca al fracaso de las certificaciones de productos orgánicos en la UE y España.

Los defensores del desarrollo sostenible enfatizan la importancia de fomentar un crecimiento económico que sea respetuoso con el medio ambiente y capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Este enfoque se basa en la creencia de que el desarrollo sostenible se centra en preservar y mejorar la calidad del medio ambiente natural. Si bien, el desafío radica en definir la noción misma de "calidad ambiental".

Hay dos métodos fundamentales previstos para la conceptualización de esta idea, cada uno con formas distintas de entender y evaluar la calidad ambiental. Resulta evidente que a medida que el nivel de artificialidad dentro de un entorno se vuelve más pronunciado, los dos conceptos de calidad ambiental explicados a continuación inevitablemente divergirán y se volverán más dispares entre sí:

- El concepto ecológico de calidad ambiental se refiere a la alineación entre la calidad exhibida por un ecosistema y la calidad típica asociada con ese sistema específico, también conocido como estado climático. Esencialmente, es similar a la salud o equilibrio del medio ambiente. Sin embargo, este concepto plantea un desafío en términos de generalización, ya que la calidad ambiental de cada ecosistema varía en diferentes entornos.

En consecuencia, las condiciones específicas requeridas para que cada ecosistema cumpla con los estándares de calidad pueden diferir significativamente según diversas variables

ambientales. Esta perspectiva implica que es poco probable que la intervención humana mejore la calidad ambiental, ya que a menudo implica alterar las condiciones existentes del ecosistema. Por tanto, desde este punto de vista, la calidad ambiental de una empresa será mayor si sus actividades tienen un impacto mínimo en las condiciones de equilibrio inherentes al ecosistema en el que opera.

- El concepto de calidad ambiental se extiende a las prácticas de gestión empresarial. La calidad ambiental de una organización está determinada por la adopción de patrones de producción limpios y un modelo de empresa ecoeficiente. En este contexto, la calidad ambiental se refiere a la implementación de iniciativas de gestión y producción que tienen como objetivo minimizar los impactos negativos en el entorno natural en el que opera la organización. Este concepto se alinea estrechamente con la noción de calidad como pérdida económica para la sociedad causada por un producto a lo largo de su ciclo de vida.

## Bibliografía

Abdul Rashid, S., Evans, S. & Longhurst, P. (2008). A comparison of four sustainable manufacturing strategies. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(3), pp. 214–229.

Aguayo-González, F. (2003). Diseño y fabricación de productos en sistemas holónicos. Aplicación al desarrollo de un módulo holónico de diseño.

Aguayo, F., Marcos, M., Sánchez, M. & Lama, J. R. (2007). Sistemas Avanzados de Fabricación Distribuida. Ra- Ma.

Aguayo González, F., Peralta Álvarez, M. E., Lama Ruiz, J. & Soltero Sánchez, V. (2011). *Ecodiseño: ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C)*. RC Libros.

Aguayo, F., Ávila, M.J., Córdoba, A., De las Heras, A., Lama, J. R., y Luque, A. (2018). *LA INGENIERÍA DE PROYECTOS ¿Cómo se forja la tecnosfera de una sociedad responsable?* Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

Camisón, C. y Yepes, V. (1994). Normas ISO 9000 y Gestión de Calidad Total en la empresa turística. *I Congreso de Calidad de la Comunidad Valenciana: «ISO 9000: el lenguaje común de la calidad»*, Valencia, noviembre. Libro de ponencias, pp. 583-620.

Camisón, C., Cruz, S., y González, T. (2006). *GESTIÓN DE LA CALIDAD: CONCEPTOS, ENFOQUES, MODELOS Y SISTEMAS*. Pearson. Prentice Hall.

Casadesús, M. y Alberti, M. (2003). *La innovació i la gestió de la qualitat a les empreses de Catalunya*. CIDEM, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

Casadesús, M.; Heras, I. y Arana, G. (2004). Costes y beneficios de la implantación de la normativa de calidad ISO 9000. Evolución temporal. *XIV Congreso ACEDE, Murcia, 19-21 de septiembre*.

Casadesús, M. y Karapetrovic, S. (2003), «The erosion of ISO 9000 benefits: a temporal study». *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22 (2), pp. 120-136.

Climent, S. (2005). Los costes, gastos, burocracia e incremento de productividad por la certificación en la norma ISO 9000 en las empresas certificadas en la norma ISO 9000 de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 11(1), pp. 245-259.

Cruz-Medina, F., López-Díaz, A. & Ruíz-Cárdenas, C. (2017). Sistema De Gestión ISO 9001-2015: Técnicas Y Herramientas De Ingeniería De Calidad Para Su Implementación. *Rev. Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1), 59-69.

Corbett, Ch.J., Montes, M.J. y Kirsch, D.A. (2002). The financial impact of ISO 9000 certification in the United States: An empirical analysis». *Management Science*, 51(7), pp. 1046-1059.

De la Orta-Gamboa, S., Aguilar-López de Nava, F. y Siu-Chirinos, J. S. (2000). Aseguramiento de calidad en ingeniería de proyecto. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 189-197.

Eisen, H. y Mulraney, B.J. (1992). *Impediments to the adoption of modern quality management practices*. Monash University, Quality Management Research Unit, Caulfield East, Victoria.

González González, A., & González Rodríguez, R. A. (2008). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD CON UN ENFOQUE DE INGENIERÍA DE LA CALIDAD. *Ingeniería Industrial*, XXIX(3), 1-6.

Gotzamani, K. y Tsiotras, G. (2001). An empirical study of the ISO 9000 standards contribution towards total quality management. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 18(10), 1326-1342.

Nápoles Rojas, L. F., Moreno Pino, M., y Batista Moreno, E. (2021). La gestión de la calidad en los proyectos: una mirada desde el enfoque normalizado. *Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS*, (17), 8-22.

Martínez-Costa, M. y Martínez-Lorente, A.R. (2003). Effects of ISO 9000 certification on firm's performance: A vision from the market. *Total Quality Management and Business Excellence*, 14 (10), 1179-1192.

Martínez-Lorente, A.R. y Martínez-Costa, M. (2004). ISO 9000 and TQM: substitutes or complementaries? An empirical study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 21(3), 260-276.

Melnyk, S.A., Sroufe, R.P. y Calantone, R. (2003). Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. *Journal of Operations Management*, 21(3), 329-351.

Milakovich, M.E. (1991). Total quality management in the public sector. *National Productivity Review*, 10(primavera), 195-213.

Morin, E. (1981). *El Método*. Cátedra. Morin, E. (1995). Introducción al pensamiento complejo. Gedisa.

Morin, E. (2014). Complex Thinking for a Complex World: About Reductionism, Disjunction and Systemism. *Systema*, 2(1), 14-22.

Muñoz-Seca, B. y Riverola, J. (2003). *Del buen pensar y mejor hacer. Mejora permanente y gestión del conocimiento*. McGraw-Hill, Madrid.

Sansalvador, M.E., Trigueros, J.A. y Navas, C.J. (2004). La gestión de la calidad a través de las normas ISO 9000 del año 2000: un estudio empírico. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 10 (2), 183-199.

Seddon, J. (1997). Ten arguments against ISO 9000. *Managing Service Quality*, 7(4), 162-168.

Van der Wiele, A.; Dale, B.G. y Williams, A.R.T. (1997). ISO 9000 registration to Total Quality Management: The transformation journey. *International Journal of Quality Science*, 2(4), 236-252.



Depósito Legal Nro.: 202310599  
+51 932 604 538  
[contacto@editorialmarcaribe.es](mailto:contacto@editorialmarcaribe.es)

*Libro de Investigación*

# AUDITORÍA Y CONTROL DE CALIDAD EN PROYECTOS DE INGENIERÍA

ISBN: 978-612-5124-16-6



9 786125 124166