



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL
PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN
DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA
METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Héctor Manuel Hernández Fuentes

Asesorado por: MSc. Ing. Oscar Fernando Quán González

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL
PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN
DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA
METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HÉCTOR MANUEL HERNÁNDEZ FUENTES

ASESORADO POR: MSC. ING. OSCAR FERNANDO QUÁN GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez River
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. Roberto Valle González
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas



EEPFI-PP-1961-2022

Guatemala, 11 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Calidad**, presentado por el estudiante **Héctor Manuel Hernández Fuentes** carné número **9012852**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Oscar Fernando Quan Gonzalez
Asesor(a)

Ing. Oscar Fernando Quan M.Sc.
COLEGIADO No. 5881

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-1606-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Manuel Hernández Fuentes**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.046.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Héctor Manuel Hernández Fuentes**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 11 de noviembre de 2022

Héctor Manuel Hernández Fuentes

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por acompañarme en todo momento y darme la bendición de obtener conocimiento y sabiduría.
Mis padres	Héctor Hernández y Aura Marina Fuentes (q e. p. d.), por su amor, entrega y ejemplo.
Mis hermanas	Claudia y Anabella Hernández, por su cariño y apoyo.
Mi esposa	Paola Marroquín por su amor y apoyo incondicional.
Mis hijos	Diego, Paula y Pamela Hernández (q. e. p. d.), por ser la fuente de motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la formación académica y todo el apoyo brindado.
Escuela de Postgrado de Ingeniería	Por el apoyo brindado y dar opciones para poder finalizar con éxito esta etapa.
Mis amigos	Por acompañar y ayudarme en el logro de esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Planteamiento del problema	5
3.2. Contexto y descripción	5
3.3. Preguntas de Investigación	6
3.3.1. Pregunta central	6
3.3.2. Preguntas auxiliares	6
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015	17
7.2. Enfoque en procesos.....	17

7.3.	Eficacia y desempeño del sistema de Gestión de Calidad.....	18
7.4.	Medición del desempeño	18
7.5.	Proceso de análisis jerárquico ((Analytical Hierarchy Process AHP) y medición del desempeño del sistema de gestión de calidad.....	19
7.6.	Método de calificación de factores.....	21
7.7.	Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process AHP)	21
7.8.	Matrices de comparación por pares en el método AHP	22
7.9.	Análisis de Sensibilidad.....	23
7.10.	Los principios del pensamiento analítico.....	24
7.11.	Procesos del Sistema de Gestión de Calidad en una empresa Metalmecánica	24
7.11.1.	Gestión de Calidad.....	24
7.11.2.	Gerencia.....	25
7.11.3.	Ventas	25
7.11.4.	Operaciones.....	26
7.11.5.	Producción metal.....	26
7.11.6.	Acabados	27
7.11.7.	Bodega de producto terminado	29
7.11.8.	Bodega de materia prima	29
7.11.9.	Compras.....	29
7.11.10.	Control de calidad	30
7.11.11.	Metrología y mantenimiento	30
7.11.12.	Transporte	31
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	33
9.	METODOLOGÍA	37

9.1.	Características del estudio	37
9.1.1.	Enfoque	37
9.1.2.	Alcance	37
9.1.3.	Diseño	38
9.2.	Unidad de análisis	38
9.3.	Variables.....	38
9.4.	Fases de Estudio.....	39
9.4.1.	Fase 1. Revisión documental:.....	39
9.4.2.	Fase 2. Definición de matriz de comparación de procesos.	40
9.4.3.	Fase 3. Generar matriz de objetivos.....	40
9.4.4.	Fase 4. Generación de Peso por proceso.	40
9.4.5.	Fase 5. Generación de Peso por objetivo.....	41
9.4.6.	Fase 6. Aplicación de análisis de sensibilidad	41
9.4.7.	Fase 7. Valuación del sistema de gestión de calidad.	41
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	43
11.	CRONOGRAMA.....	45
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO	47
	REFERENCIAS	49
	APÉNDICES	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	16
----	-------------------------------	----

TABLAS

I.	Unidad de análisis	38
II.	Plan de acción	45
III.	Presupuesto	47

GLOSARIO

Actuar:	Tomar acción para mejorar el desempeño cuando sea necesario.
Análisis de sensibilidad	Permite visualizar los cambios en el resultado respecto a posibles cambios en la importancia tanto de los criterios como en las alternativas en caso de que alguno de los factores cambie su prioridad o desaparezca alguna característica.
<i>Analytic Hierarchy Process</i>	<i>Proceso de Análisis Jerárquico.</i> Metodología utilizada para toma de decisiones con múltiples criterios o niveles que permite cualificar factores y utilizar un modelo matemático para el cálculo de las opciones de cada nivel.
<i>Árbol de Jerarquías</i>	Elaborar una representación gráfica del problema en términos de la meta global, los criterios y alternativas de decisión, para este caso, los criterios corresponden a los procesos y las alternativas a los objetivos de cada proceso.
Ciclo PHAV	Planificar, hacer, actuar y verificar. Ciclo utilizado para la revisión y mejora continua de los procesos.

Cizalla	Se refiere al proceso en el que por medio de una maquina o herramienta utilizando unos moldes o troqueles se hacen cortes en las esquinas a las piezas de lamina que fueron cortadas previamente. Una forma manual de hacerlo es con tijeras sin embargo esto no garantiza la calidad del producto.
Corte	Se refiere al proceso de manufactura en el cual se hacen cortes a la lámina de acero que utiliza una maquina hidráulica llamada guillotina tanto a lo largo como a lo ancho.
Desempeño	Nivel que se alcanza al hacer una tarea o actividad. Aunque puede también utilizarse para medir rendimiento del objeto evaluado.
Enfoque en procesos	Gestión sistemática de los procesos y sus interacciones con el objeto de alcanzar los resultados previstos de acuerdo con la política de calidad.
Ensamble	Se refiere a la etapa del proceso en donde por medio de soldadura se juntan todas las piezas y forman un sub producto o producto, ejemplo de esto puede ser gavetas, o el cuerpo de un archivo.
Hacer	Implementar lo planificado
Matriz de Pares	Se refiere a una tabla en donde se definen una escala de valuación entre elementos que se desean

comparar entre sí para obtener una cualificación de la importancia de un elemento contra otro.

Métrica	Es el indicador que se evalúa a un proceso o un objetivo de carácter numérico.
Objetivo	Indicador que establece lo que se quiere alcanzar, lograr o medir respecto una referencia.
Planificar	Establecer los objetivos del sistema y sus procesos, los recursos para generar los resultados de acuerdo con las necesidades del cliente e identificar los riesgos y oportunidades.
Política de Calidad	Enunciado que enmarca el compromiso con la calidad y la relación de las estrategias con la línea de acción que tiene una empresa para que sus productos satisfagan la necesidad de sus clientes internos y externos.
<i>Powder Coating</i>	Pintura en Polvo, es el proceso por el cual, utilizando un equipo, se carga eléctricamente una resina en polvo; la pieza metálica que está conectada a tierra recibe el polvo cargado eléctricamente provocando que se adhiera por la diferencia de polos. Esta pieza se hornea a 180 grados centígrados dejando una superficie sin gotas ya que no usa ningún tipo de solvente.

Proceso	Secuencia de actividades o actividad en la que hay una entrada, se modifica o transforma dando como resultado una salida hacia otro proceso o cliente.
Razón de Consistencia	Es un indicador que utiliza el índice de consistencia entre el índice de consistencia aleatoria el cual permite evaluar si los datos que fueron comparados en las matrices de pares tienen una consistencia razonable. Tiene que ser ≤ 0.1
Rendimiento	Se define como la proporción entre el producto del resultado obtenido y los medios utilizados.
SGC	Se refiere al sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:20015. Este modelo de gestión se caracteriza por buscar la satisfacción del cliente a través de un enfoque de procesos que constantemente evalúa la mejora continua.
Troquel	Proceso por el cual se utilizan prensas hidráulicas con moldes o troqueles que sirven para hacer agujeros o formas predeterminadas de corte, por ejemplo, agujeros ovalados, cuadrados, entre otros.
Verificar	Seguimiento y medición de los procesos, productos o servicios resultantes de las necesidades del cliente, de los objetivos e informar los resultados.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en la implementación de la metodología de análisis jerárquico o multicriterio para establecer un peso a cada una de las métricas de un Sistema de Gestión de Calidad, lo que permite así evaluar este sistema de pesos con el porcentaje alcanzado por cada objetivo, permitiendo una evaluación del rendimiento de todo el sistema basado en sus propios datos ofreciendo de esta forma una herramienta que tome en consideración a todos los factores.

La empresa en donde se realizará el análisis y se implementará esta metodología se dedica a la elaboración de mobiliario de metal en la ciudad de Guatemala, actualmente cuenta con un sistema de gestión de calidad que para evaluar el rendimiento de este utilizan solo el objetivo de servicio al cliente, mismo que puede ser influenciada por cambios de precio o de demanda.

En el capítulo 1 se presentarán los antecedentes teóricos de referencia que sirve de base en la implementación de la metodología multicriterio en diferentes ámbitos, así como se hace referencia como la norma ISO 9001:2015 en el capítulo 9 solicita que las empresas deben de medir el rendimiento del Sistema de Gestión de Calidad.

El capítulo 2 se establece el marco teórico, que sirve de base para conocer los procesos involucrados en una industria metalmeccánica de fabricación de mobiliario, así como la interrelación de estos. Se conocerá el alcance del sistema de gestión y los procesos de apoyo involucrados. Así mismo se profundiza en la teoría de la metodología AHP.

El Capítulo 3 muestra el desarrollo de toda la investigación, la cual se llevará a cabo de observación, entrevistas y toma de datos con los dueños de los procesos, así como del gestor de calidad para obtener las diferentes matrices que servirán para el análisis matemático utilizado en la metodología AHP y pondera así al Sistema de Gestión de Calidad.

En el Capítulo 4 se presentarán los resultados de la implementación de la investigación, los cuales fueron planteados con base en los objetivos específicos utilizando las diferentes herramientas propuestas.

En el capítulo 5, conforme a los resultados obtenidos se presentará la implementación de la metodología de forma descriptiva, esta misma explicará detalladamente el cumplimiento de los objetivos específicos planteados para la investigación.

2. ANTECEDENTES

En la actual norma ISO 9001:2015 en el numeral 9 correspondiente a la evaluación del desempeño cita “La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad” (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2015, p. 21). La norma no indica ninguna metodología específica del cómo medir el desempeño, sino que deja que cada organización aparte de buscar la eficacia del sistema busque formas de evaluar en general el modo en que se desempeña. Una de las formas más difundidas de evaluar el desempeño de la norma es a través de la satisfacción del cliente, aunque existen otras formas de medición que dependen del tipo de organización como los niveles de producción. “Cada organización debe establecer el mejor método para medir el Sistema de Gestión de Calidad según ISO 9001. Es muy importante para reunir toda la información necesaria y tomar decisiones acertadas, basadas en hechos reales y no en conjeturas” (Evaluación y Medición del Sistema de Gestión de Calidad., 2019, p. 1)

Es por eso que se propone utilizar todas las métricas del SGC (Sistema de Gestión de Calidad) para poder proveer una evaluación del desempeño global, haciendo que cada objetivo sume a todo el SGC; se propone en el presente trabajo utilizar herramientas utilizadas mayormente para tomar decisiones en logística, a través de instrumentos que permitan ponderar una opción respecto a diferentes criterios utilizando la calificación de factores y el proceso de análisis jerárquico.

“En el método de calificación de factores, algunos de estos factores son más importantes que otros, por eso los administradores pueden usar

ponderaciones con el fin de que la toma de decisiones sea más objetiva” (Heizer y Render, 2009, p. 323). Para realizar esta ponderación utilizaremos de proceso de análisis jerárquico.

De acuerdo con Hurtado y Bruno, (2017), las ventajas del proceso de análisis jerárquico son que permiten presentar un sustento matemático, desglosar y analizar cada parte o criterio a evaluar, así como, permite verificar el índice de consistencia para hacer las correcciones si fuera el caso cuando se hace la comparación entre los criterios.

Se ha encontrado documentación de la utilización de este método para la selección de metodologías de gestión, Espinosa y Tigre, (2017) los que indican “El AHP es un método matemático diseñado para evaluar alternativas tomando en consideración varios criterios, en este método intervienen de forma fundamental la experiencia y el conocimiento del usuario, siendo tan importantes como los datos utilizados en el proceso” (p. 32). Al final esta metodología dará una escala de pesos de cada objetivo que permitirá evaluar a todo el sistema como una unidad.

Saaty, (2008) indica que, para tomar decisiones de forma organizada, se deben generar prioridades, estructurar jerárquicamente las alternativas, construir el conjunto de matrices de comparación, cada elemento de cada nivel es usado para comparar los elementos. Utilizar las prioridades obtenidas de la comparación para asignar el peso a cada prioridad a cada elemento evaluado y obtener a su vez la prioridad global

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Planteamiento del problema

El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de una empresa metalmeccánica de mobiliario de la ciudad de Guatemala está orientado hacia la eficacia del logro de cada uno de los objetivos que se plantean en la política de calidad, sin embargo, no se cuenta con una metodología que permita medir el impacto del desempeño de cada objetivo y proceso hacia todo el sistema que permita dar una valuación global, así como la importancia que tiene en el Sistema de Gestión.

3.2. Contexto y descripción

La evaluación y medición de un sistema de calidad ISO 9001:2015, en el capítulo 9 menciona que la organización debe evaluar el desempeño y eficacia del sistema de calidad. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2015)

En la versión anterior de la ISO 9001 solo se llevaba registro de la eficacia del sistema al cumplir con los requisitos, sin embargo, evaluar el desempeño ha sido un tema importante ya que muchas veces esto sólo está asociado a indicadores de desempeño económico. Dar una valuación ponderada a cada objetivo del sistema, permite generar una medición del rendimiento general tomando como base a sus propios procesos e indicadores. Sin embargo, debe de utilizarse una herramienta que permita hacer que las apreciaciones subjetivas acerca de la importancia relativa de los procesos se transformen a una forma objetiva o que pueda medirse. En la actualidad cada dueño de proceso trabaja

individualmente en alcanzar sus objetivos, sin embargo, muchas veces por carecer de referencia de que objetivo impacta más se pueden dejar de hacer esfuerzos ya que se desconoce el aporte a todo el sistema.

La utilización de la calificación de factores multicriterio como base para asignar pesos puede ser una herramienta utilizada para evaluar los objetivos del sistema. (Heizer y Render, 2009) Lo que evita que se asignen arbitraria o subjetivamente los pesos

3.3. Preguntas de investigación

A continuación, se presenta la pregunta central, así como las preguntas auxiliares.

3.3.1. Pregunta central

¿De qué manera se podría evaluar el desempeño o eficiencia de un sistema de Gestión de Calidad de una forma más objetiva utilizando la información de todos los procesos?

3.3.2. Preguntas auxiliares

¿Cuál es la tabla de ponderación de factores a definir para relacionar ya sea los procesos u objetivos entre sí que sirva de base unificada para realizar comparaciones en cada nivel?

¿Cómo se podría valorar o asignar un peso o ponderación para cada proceso en un sistema de gestión de calidad tomando en cuenta la importancia que existe entre ellos?

¿Que aporte individual o peso ponderado tiene cada uno de los objetivos de un proceso y a su vez que aporte tiene individualmente en todo del sistema de gestión de calidad?

4. JUSTIFICACIÓN

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) normalmente está orientado a evaluar diferentes criterios para la selección de proveedores o localizaciones, utilizando un modelo matemático que asigna un valor a los factores que son.

Al utilizar esta metodología para evaluar en un sistema de Gestión de Calidad a los diferentes procesos y sus respectivos objetivos se podrá obtener una valoración utilizando las matrices de pares para cada nivel evaluado en este caso serían procesos y objetivos de cada proceso de tal forma que permita tener una valoración de todo el sistema y obtener una medición del desempeño que permita hacer comparaciones a lo largo del tiempo, aunque alguno de los factores cambie. Esta forma de medir el sistema de gestión le da un peso a cada uno de los objetivos de cada proceso, por lo que se puede dar visibilidad de lo que aporta cada objetivo al sistema de gestión, esto ayuda a tener otra evaluación del rendimiento del sistema no sólo en términos monetarios, de satisfacción de personal los cuales ya son medidos en algunos casos como métricas de objetivos, sino que permiten interrelacionarlos y darles un peso específico.

Se utilizarán hojas de cálculo electrónicas que permitan ser la base para futuros cambios en alguno de los criterios que para el caso del presente trabajo serán los procesos y objetivos.

Esta herramienta (AHP) permite la aplicación de metodologías utilizadas en logística y poderla adaptar hacia la medición del rendimiento de un sistema de gestión de calidad.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementar metodología del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta de medición del rendimiento del Sistema de Gestión de Calidad de una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Guatemala.

5.2. Específicos

- Definir escala de calificación por pares
- Elaborar matriz de calificación de factores para definir el peso de cada proceso del sistema de Gestión de Calidad.
- Construir matriz de calificación multicriterio para los objetivos de cada proceso del sistema de Gestión de Calidad.
- Generar indicador para los objetivos de calidad identificando el aporte de individual hacia todo el sistema de Gestión de Calidad.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La principal necesidad por cubrir con esta propuesta de implementación es la de encontrar una medición del desempeño de Sistema de Gestión de Calidad tomando en cuenta a todas las métricas de los objetivos que forman parte del alcance de la certificación, ya que actualmente se toma como base de medición únicamente la satisfacción del cliente.

La norma ISO indica que debe de medirse el desempeño del sistema de gestión, sin embargo, no detalla ninguna metodología, por lo que se ha encontrado documentación en donde utilizan el indicador de satisfacción del cliente, niveles de producción o algún otro indicador que indique una evaluación numérica al sistema.

Aunque los indicadores anteriores pueden utilizarse, es conveniente relacionar y dar visibilidad a lo que aporta cada métrica de cada objetivo tomando en cuenta que ya se tienen todos estos valores. Por lo que la asignación de cuanto impacta primero cada proceso y luego los objetivos de cada proceso permite dar trazabilidad a cada proceso además de establecer el impacto a todo el sistema, es decir nos basamos en la combinación de resultados de cada una de las métricas para obtener el desempeño del Sistema de Gestión de Calidad y no únicamente en una variable.

El asignar un peso a cada proceso y a cada una de sus métricas hace que la medición del desempeño del sistema abarque en su totalidad a los procesos involucrados, se propone la utilización del proceso de análisis jerárquico como metodología para poder encontrar una jerarquización y cuantificación, utilizar

herramientas matemáticas, que permitan dar una valuación o peso a cada elemento tomando en consideración a sus pares (procesos y objetivos) respectivamente.

En ocasiones hay métricas que pueden no tener importancia para el dueño de proceso sin embargo al observar el impacto que tiene hacia todo el sistema permitirá que se generen controles a indicadores críticos que permitan tomar mejores decisiones, tanto a los dueños de los procesos, como a gerencia.

Esta implementación puede servir de herramienta para que sea utilizado en la valuación de otros sistemas de gestión y poder tener la capacidad de evaluar a todo el sistema basado en criterios propios y comparables en el tiempo.

Fase 1. Revisión documental. En esta etapa se revisa la documentación que sirva para identificar los procesos y objetivos del sistema de gestión de calidad (20 días)

Fase 2. Definición de matriz de comparación de procesos. Se definen los procesos de estudio del sistema de gestión, iniciando con los procesos que son parte de la certificación, continuando con los procesos de apoyo. (30 días).

Fase 3. Generar matriz de objetivos para cada proceso del sistema de gestión de Calidad. Para cada proceso se genera matriz de comparación de objetivos (40 días).

Fase 4. Generación de peso por proceso. Se utiliza la metodología AHP para el cálculo de aporte de cada proceso. (20 días)

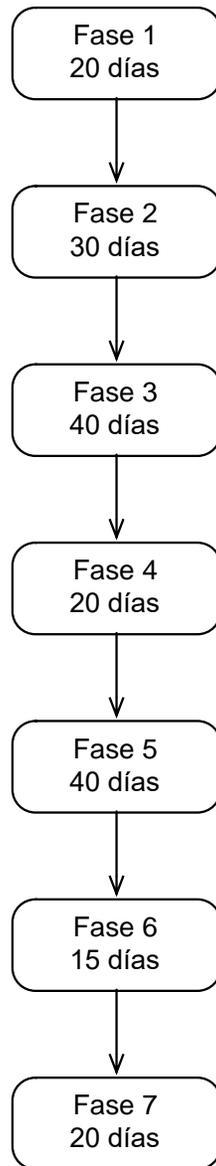
Fase 5. Generación de peso por objetivo. Se calcula el aporte de cada objetivo que corresponde a cada proceso. (40 días)

Fase 6. Aplicación de análisis de sensibilidad para cada conjunto de datos desarrollado. (15 días)

Fase 7. Valuación del sistema de gestión de calidad. Se tabulan los resultados alcanzados de los indicadores de cada mes y los pesos determinados en el punto anterior. Se estima 5 días por cada trimestre (20 días)

Total, de días de fases 185 días.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, utilizando OmniGraffle.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015

Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de por qué el principio es importante para la organización. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2015, p. 20)

“Los principios de la gestión de la calidad son: enfoque al cliente; liderazgo; compromiso de las personas; enfoque a procesos; mejora; toma de decisiones basada en la evidencia; gestión de las relaciones” (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2015, p. 21)

7.2. Enfoque en procesos

La importancia del enfoque en procesos, por medio del cual, se buscan las diferentes actividades que aportan y dan valor al cliente, analizando la interrelación que tienen las diferentes actividades para poder gestionarlos, alcanzar los objetivos que lleven la satisfacción del cliente.

Cortés, (2017) indica que el enfoque a procesos tiene como objetivo en determinar las necesidades y expectativas de los clientes (entradas en la organización) que satisfagan las mismas.

Cualquier actividad que reciba entradas y las convierta en salidas puede considerarse un proceso.

El Enfoque basado en procesos fomenta el paso de una gestión vertical a gestión horizontal dentro de las organizaciones. Lo anterior para unificar los enfoques de cada una de las unidades funcionales hacia las metas principales de la organización. (Burckhardt, Soler, Perez, 2016)

7.3. Eficacia y desempeño del sistema de Gestión de Calidad

La norma en su apartado 9 de evaluación del desempeño cita: La organización debe determinar: a) qué necesita seguimiento y medición; b) los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos; c) cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición; d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición. La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2015, p. 20)

7.4. Medición del desempeño

Por otro lado, para evaluar el desempeño no existe una metodología específica, sino que puede utilizar herramientas que la empresa considere siempre y cuando estén correlacionadas con el rendimiento de la empresa. En ocasiones suele utilizarse el indicador de satisfacción del cliente o algunos indicadores financieros.

Concretamente, la norma dispone:

La organización debe evaluar el rendimiento y la efectividad del sistema de gestión de calidad (...) En las organizaciones en las que se desarrollan procesos de transformación o fabricación, se suele utilizar la media de defectos por millón de unidades fabricadas. En organizaciones dedicadas a ofrecer servicios, la satisfacción del cliente, medida a través de encuestas, puede ser una forma adecuada de medir el Sistema de Gestión de Calidad según ISO 9001. (Evaluación y Medición del Sistema de Gestión de Calidad., 2019)

Es competencia institucional el establecimiento de la metodología de medición. Resulta fundamental el acceso a información pertinente para una adecuada toma de decisiones, que se sustente en datos empíricos y no en suposiciones. Recurrir a estos sistemas permite la realización de mejoras apropiadas, con impacto positivo directo. Por otro lado, ofrecen la posibilidad de: determinar si los cambios que se realizan trabajaron para proporcionar beneficios sostenidos para la empresa y las partes interesadas. Se recopilan datos de rendimiento apropiado y así saber cómo y dónde está mejorando, por lo que se debe implementar la norma ISO 9001 2015. (Evaluación y Medición del Sistema de Gestión de Calidad, 2019)

7.5. Proceso de análisis jerárquico (Analytical Hierarchy Process AHP) y medición del desempeño del sistema de gestión de calidad

La metodología de análisis jerárquico permite ser utilizada para poder solucionar problemas en diferentes niveles, su implementación más conocida es en la parte de logística ya que se utiliza para la selección de proveedores partiendo de diferentes criterios, así mismo se utiliza para la selección de una localidad.

Al revisar la documentación se han encontrado aplicaciones en la selección de personal, en donde se califica a cada uno de los candidatos y se evalúan según los criterios establecidos por recursos humanos.

Adicional se encontró como se utiliza esta metodología para la valoración de jugadores de futbol, teniendo una base de comparación similar y utiliza las matrices por pares y el modelo matemático para llegar a esta valoración.

Para poder medir el desempeño de un sistema de gestión de calidad, lo que se hará es en primer lugar hacer la matriz de pares para cada uno de los procesos que son parte del sistema. Una vez finalizado esto se hace el mismo ejercicio para los objetivos de cada proceso,

Ya con las matrices de pares se procede a los cálculos utiliza herramienta como Excel o soluciones en línea para ingresar los datos y que nos den el vector de calificación de cada proceso y de cada objetivo a este resultado lo denominaremos tabla de factores AHP de gestión de calidad.

Con estos vectores se calcula que porcentaje de valor aporta cada proceso y objetivo, de tal forma que se pueda tener la calificación o peso de cada elemento del sistema de gestión.

El sistema de gestión de calidad en la revisión por la dirección es donde se revisan los objetivos de cada proceso y se evalúan de una forma cuantitativa el porcentaje de logro. Esta calificación de cada objetivo la multiplicamos por el factor obtenido de la tabla de factores AHP de calidad y así obtenemos una medición del desempeño basado en sus propios indicadores, así como los pesos de cada una de las variables utilizadas. Permite revisar qué procesos tienen más impacto en el sistema de gestión para que puedan gestionarse con más detalle.

7.6. Método de calificación de factores

Existen muchos factores cuantitativos y cualitativos que se deben considerar al elegir una localización. Algunos de estos factores son más importantes que otros, por eso los administradores pueden usar ponderaciones con el fin de que la toma de decisiones sea más objetiva. El método de calificación de factores es popular porque puede incluir de manera objetiva un gran número de factores, que van desde la educación hasta la recreación y las habilidades laborales.

El método de calificación de factores consta de seis pasos: (1) Desarrollar una lista de los factores, criterios o alternativas; (2) Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa en cuanto a los objetivos de la compañía; (3) Desarrollar una escala para cada factor o peso; (4) Calificar cada factor para cada criterio, usando la escala del paso anterior; (5) Multiplicar los pesos de cada factor; y (6) sumar los puntos de cada criterio". (Heizer y Render, 2009, p. 324)

Para fines de este trabajo se calculará un factor para cada proceso y a su vez el peso de cada objetivo que se mide en el sistema de gestión para obtener el peso individual de referencia.

7.7. Proceso de Análisis Jerárquico (analytical hierarchy process AHP)

Es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores.

Definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación por pares usando una Escala. Esta es la clave del método, usar una escala de comparación por pares, puesto que el humano está continuamente esta comparando dos criterios o alternativas entre sí.

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. (Yepes Piqueras, 2018)

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Saaty (...) está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. (Hurtado y Bruno, 2017)

7.8. Matrices de comparación por pares en el método AHP

Son matrices cuadradas que recogen las comparaciones por pares de los entes (criterios/subcriterios/alternativas) incluidos en cada nivel jerárquico con base en la importancia que presentan respecto al nodo del nivel jerárquico superior al que están ligados (Saaty, 2008). La escala numérica de Saaty se emplea en la construcción de matrices. En el método AHP, se calculan los vectores de prioridad y dado que las mismas verifican generalmente el ser matrices no consistentes (si de elementos positivos, diagonales uno y

recíprocas), solo será posible obtener a partir de ellas, una "estima" de estos vectores de prioridad. (Romero, y Cuadrado, 2017)

En un ejemplo de utilización de AHP para valorar a un jugador de se definen cada nivel y subnivel (criterios) que sirvan para ponderar los diferentes factores.

Lo primero que se tiene que hacer es ponderar las variables del primer nivel o sea las características deportivas, las personales y las contractuales para ello presentamos este tipo de encuesta al experto en la cual como se ha definido en una matriz; por un lado los criterios en ambos lados de la encuesta criterios y criterios y lo que se hace es pedirle al experto que compare en función de la escala de comparación pareada que se tiene aquí extremadamente más importante en la determinación del valor de los jugadores las características deportivas o las características personales.

En este caso dice que las características deportivas más importantes después compara las deportivas con las contractuales cuáles son más importantes en la en el valor del traspaso de los jugadores nos está diciendo el experto que las características deportivas y cuanto más pues moderadamente más importante y finaliza comparando las personales con las contractuales en este caso de experto dice que las contractuales es moderadamente más importantes la característica personal con esta información que construye la matriz de comparación por pares (Universitat Politècnica de València, 2015).

7.9. Análisis de sensibilidad

Este análisis permite visualizar y analizar la sensibilidad resultado (ordenación de las alternativas) respecto de posibles cambios en la importancia

de los criterios (supuestos). El análisis de sensibilidad debe responder a la pregunta: ¿Qué pasa si...?; al facilitar el análisis en aquellos procesos de toma de decisión en los que se requiere volver a aplicar el AHP en un corto o mediano plazo porque son procesos dinámicos que requieren ser revisados y ajustados en el tiempo porque su entorno está en continuo cambio (Hurtado y Bruno, 2017).

7.10. Los principios del pensamiento analítico

Al resolver los problemas mediante un análisis explícito lógico, se pueden distinguir tres principios: el principio de construcción de jerarquías, el principio de establecer prioridades y el principio de la consistencia lógica (Saaty, 2014). Estos principios naturales del pensamiento analítico subyacen tras el análisis Jerárquico.

7.11. Procesos del Sistema de Gestión de Calidad en una empresa metalmecánica

Para este estudio se tomó el alcance del sistema de gestión, que es la producción y comercialización de mobiliario de oficina, los procesos siguientes:

7.11.1. Gestión de Calidad

Este proceso lleva el control de toda la documentación del sistema, la gestión de las acciones tanto correctivas como preventivas, documenta y presenta la mejora continua del sistema de gestión, planifica y lidera las auditorías internas y coordina con gerencia los presupuestos y auditorías de certificación. Mantiene actualizado el manual de calidad y propone cambios en caso de ser necesario.

7.11.2. Gerencia

Se encarga de definir los objetivos, y que éstos estén asignados a cumplir con la política de calidad. Transforma los cambios estratégicos de la Junta Directiva en objetivos alineados al sistema de gestión de calidad.

Mantiene comunicación con los diferentes procesos y revisa regularmente los indicadores de cada proceso, así como es encargado de dar los recursos a los diferentes departamentos para el logro de sus objetivos.

Promueve la mejora continua y la importancia del cumplimiento de todos los departamentos para el logro común que es la certificación o recertificación según sea el caso.

7.11.3. Ventas

Este proceso abarca el proceso desde la visita o llamada del cliente, que se convierte en una cotización la cual debe dar seguimiento, de ser aprobada se elabora un pedido verificando si existe inventario del producto, en el caso de que no esté completo en existencia se traslada al cupo de producción.

Ventas participa activamente en la elaboración del plan de producción junto con Operaciones en donde detalla las prioridades y alguna venta futura que está pendiente de ingresar, siempre evaluando que el cupo de producción diario tenga espacio para poder procesar los diferentes pedidos, así como de facturar todos los pedidos y el cobro de estos.

Gestiona los reclamos y garantías y convoca a reuniones para hacer las asignaciones de los reclamos para dar pronta solución al cliente.

Se encarga de coordinar con los agentes externos la programación de las encuestas de satisfacción del cliente, el departamento de ventas genera la encuesta, sin embargo, es un ente externo el que visita o llama al cliente, tabula y envía los resultados para su análisis junto con gerencia y gestión de calidad.

7.11.4. Operaciones

Se encarga de la planeación de la producción, con base en los requerimientos de ventas, los inventarios de producto terminado y materia prima se realiza el plan diario de producción basado tanto en las capacidades como en las necesidades de prioridades de ventas. En este proceso se lleva el control de tiempos hasta la entrega del producto del cliente para poder dar trazabilidad y llevar los controles a los procesos. Toda la información de generación de planes de producción se lleva en un software diseñado a requerimiento de la organización. De este sistema se sacan las fechas según los ingresos de los procesos y poder sacar los tiempos.

7.11.5. Producción metal

Este proceso tiene varios subprocesos, y es acá donde se transforma la materia prima como la lámina de acero, tubo en diferentes productos o subproductos que son solicitados en el plan de producción. Los subprocesos que la organización división son:

- Corte o Guillotina: en donde se cortan las láminas en piezas más pequeñas. Se utilizan varios equipos con capacidad de corte de hasta 30 toneladas.

- Cizalla: algunos elementos requieren que en las esquinas se hagan ciertos cortes para poder hacer dobleces. Este proceso requiere de maquinaria.
- Troquel: en este subproceso se hacen agujeros, se estampa la marca, este proceso aporta estandarización en el mobiliario.
- Dobleces: a través de prensas hidráulicas los operarios hacen los diferentes tipos de dobleces que se requieren para elaborar los componentes, existe un catálogo de dobleces en donde se indica el tipo de herramienta a colocar para obtener los resultados deseados.
- Soldadura de punto: en gran parte del mobiliario donde se pueden hacer uniones planas se utiliza este tipo de soldadura debido a la limpieza, rapidez. Lo que hace es calentar en un punto a través de dos electrodos las piezas o laminas que están en medio provocando que se fundan en un solo punto sin tener necesidad de material de aporte para generar la unión.
- Ensamble: en esta parte se da forma al mobiliario se toman las diferentes partes, se arman y sueldan las que requieren a través de soldadura MIG (soldadura de gas inerte).
- Control de Calidad: se revisa en los diferentes subprocesos por muestreo y se libera hacia el siguiente subproceso. El Subproceso que recibe revisa y da su aprobación para continuar con el flujo de la producción.

7.11.6. Acabados

En este proceso se le da la protección al metal con resina dando como resultado piezas con color o pintadas. El proceso incluye las siguientes etapas:

- Limpieza y secado: Las piezas o mobiliario se colocan en una cadena con ganchos para que pase por un túnel de lavado que consta de tres etapas, la primera con desengrasado y fosfato en donde el agente químico se aplica por aspersión y lo que hace es quitar la grasa o aceite que trae la

lámina de acero, así como dejar una capa de fosfato. La siguiente etapa es un lavado en donde se degrada la concentración de ácido al que fue sometido en la etapa previa para luego pasar a la última etapa que es la de un sello que permite encapsular el fosfato que reacciona muy rápido al contacto con el aire (oxígeno), luego pasa por un horno de secado para quitar los residuos de agua.

- Aplicación de resina en polvo: a través de la cadena las piezas o mobiliario ya limpios y secos pasan a la cabina de aplicación de resina en polvo (Powder Coating) o pintura en polvo en donde con un equipo que carga eléctricamente el polvo con aire totalmente seco pasa a través de unas pistolas que tienen unas carcasas con electrodos para dar la polaridad al polvo, toda la cadena está conectada a tierra física por lo que al cargar positivamente la resina esta es atraída al metal que está conectado a tierra a través de la cadena dejando una capa uniforme, inmediatamente las piezas pasan por un horno continuo en donde las piezas alcanzan por lo menos 200 grados centígrados de temperatura y es en ese momento en donde empieza el proceso de polimerización que es cuando la resina forma una película homogénea dando la apariencia y color que se requiere. Este proceso de horneado tarda 20 minutos y luego el mobiliario puede ser bajada de la línea de acabados para que termine de enfriar y ser trasladado al siguiente proceso.
- Armado final: las partes o mobiliario son armadas con los herrajes correspondientes, se hacen ajustes finales y se traslada a control de calidad final. Con esta aprobación se traslada empaca y se traslada a bodega de producto terminado.

7.11.7. Bodega de producto terminado

En esta parte se da ingreso al sistema de información los productos que cumplen los requisitos y se descarga del plan de producción los producido. Se colocan los productos en las áreas asignadas según su tipo y se coordina el plan de entregas con transporte.

7.11.8. Bodega de materia prima

En este proceso se da alta a toda la materia prima que es entregada por el proveedor y se ingresa al sistema cuando control de calidad da el visto bueno al material. Se revisan cantidades, características estado. Se ingresan las requisiciones de material según se vayan generando en el proceso de producción de tal forma se pueda llevar un inventario en línea de lo disponible. Apoya en el plan de producción a operaciones indicando si hay suficiente material para iniciar un plan de producción y genera alertas en caso de utilizarse material no crítico de forma inusual para evitar problemas de desabasto.

7.11.9. Compras

Con base en los pronósticos de ventas se generan pronósticos de compras y se generan órdenes de compra de materiales que deben ser autorizados por gerencia financiera y gerencia general en el caso de las materias primas críticas. En el caso de materias primas críticas se deben de evaluar los proveedores actuales y buscar opciones para mejorar, calidad, tiempos de entrega, crédito.

Tiene a su cargo la evaluación de proveedores de tal forma se pueda tener una retroalimentación hacia el proveedor y establecer planes de mejora en la relación cliente-proveedor.

Tiene a su cargo la revisión del presupuesto de material indirecto contra lo indicado en los planes de producción y comunica a gerencia la diferencia entre lo entregado y solicitado. Informa a operaciones en la reunión de planes de producción de las fechas de entrega de las diferentes materias primas para evitar que ingresen pedidos que no pueden ingresarse a producción.

7.11.10. Control de calidad

Lleva el control de registros y estadísticas de los procesos que requieren de control de calidad, generan estadísticos de control y análisis de Pareto o alguna otra herramienta cuando se requiere si se encontraron muchas incidencias en algún proceso.

Son los encargados de liberar la materia prima, el material en proceso que sale de cada subproceso y el producto terminado.

A su vez también tabula la encuesta de entrega de parte de los pilotos a cada cliente en donde se evalúan criterios de cantidades correctas, producto correcto en buen estado y trato con el personal de transporte y entrega.

7.11.11. Metrología y mantenimiento

Se lleva el control de los elementos que requieren control metrológico, se coordina junto con gestión de calidad la revisión del patrón en los laboratorios de metrología, así mismo se encarga de evaluar si los dispositivos como metros y escuadras certificados en el laboratorio están en buenas condiciones para su uso.

Gestiona el plan de mantenimiento predictivo, a través de un proveedor que realiza las termografías y análisis termográfico y se hace un listado de estatus de cada maquina por área y con base a esto se programan los mantenimientos preventivos. Esto con periodicidad trimestral.

7.11.12. Transporte

Al tener el producto en bodega, ventas genera las facturas junto con el encargado de transporte para generar las rutas y capacidades de entrega diarias. Junto con bodega apoyan en el traslado al galpón asignado del material consignado en factura. Entrega factura y envío en la bodega del cliente.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO

TÍTULO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Revisión documental

3.1.1. Política de Calidad del Sistema de Gestión de Calidad

3.1.2. Alcance del Sistema de Gestión de Calidad

3.1.3. Proceso de lámina

3.1.4. Proceso de pintura

3.1.5. Proceso de armado

3.1.6. Proceso de compras

3.1.7. Proceso de entrega

3.1.8. Proceso de venta

3.1.9. Proceso de gerencia

- 3.1.10. Proceso de recursos humanos
 - 3.1.11. Proceso de calidad
 - 3.1.12. Proceso de Gestión de Calidad
 - 3.1.13. Proceso de Metrología y Mantenimiento.
 - 3.1.14. Métricas por proceso mensual
 - 3.1.15. Métrica por proceso acumulado
- 3.2. Definición de matriz de comparación de procesos
- 3.3. Definición de matriz de comparación por objetivos
- 3.3.1. Matriz de pares a utilizar
 - 3.3.2. Matriz de proceso de Lamina
 - 3.3.3. Matriz proceso de pintura
 - 3.3.4. Matriz proceso de armado
 - 3.3.5. Matriz proceso de compras
 - 3.3.6. Matriz proceso de entrega
 - 3.3.7. Matriz proceso de venta
 - 3.3.8. Matriz proceso de Gestión de Calidad
 - 3.3.9. Matriz proceso de calidad
 - 3.3.10. Matriz proceso de gerencia
 - 3.3.11. Matriz Proceso de recursos humanos
 - 3.3.12. Matriz Proceso de Metrología y Mantenimiento
- 3.4. Implementación del metodología de analisis jerarquico
- 3.4.1. Generar pesos a nivel de proceso
 - 3.4.2. Generar pesos a nivel de objetivos
 - 3.4.2.1. Proceso de lámina
 - 3.4.2.2. Proceso de pintura
 - 3.4.2.3. Proceso de armado
 - 3.4.2.4. Proceso de compras
 - 3.4.2.5. Proceso de entrega
 - 3.4.2.6. Proceso de venta

- 3.4.2.7. Proceso de gerencia
- 3.4.2.8. Proceso de recursos humanos
- 3.4.2.9. Proceso de calidad
- 3.4.2.10. Proceso de Gestión de Calidad
- 3.4.2.11. Proceso de Metrología y Mantenimiento

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Matriz de pares definición y uso para el sistema de Gestión de Calidad.

4.2. Proceso de Análisis Jerarquico aplicado a nivel I (Procesos)

4.2.1. Ponderación de métrica mensual

4.2.2. Análisis de sensibilidad

4.2.3. Ponderación de métrica acumulada

4.3. Proceso de Análisis Jerarquico aplicado a nivel II (objetivos)

4.3.1. Ponderación de métrica mensual por objetivo

4.3.2. Análisis de sensibilidad

4.3.3. Ponderación de métrica acumulada por objetivo.

4.4. Valuación global del Sistema de Gestión de Calidad

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

El estudio tendrá las siguientes características:

9.1.1. Enfoque

El presente trabajo de graduación tiene un enfoque mixto, ya que está basado en establecer una metodología para ponderar al sistema de gestión de calidad por medio de la observación de los procesos y entrevistas estructuradas tanto a los dueños de los procesos como a gerencia general; con lo anterior se puede generar la base numerica que permita utilizar la metodologia AHP para establecer el aporte de cada uno de los objetivos y procesos, este resultado permite evaluar con la base de los resultados obtenidos de la fuente primaria correspondiente a los métricas mensuales y acumulados alcanzadas por cada objetivo estableciendo así la medición del desempeño del sistema de calidad.

9.1.2. Alcance

El alcance de la investigación será de tipo descriptiva, ya que se observarán los procesos, se harán entrevistas, para poder generar registros que puedan ordenarse y analizarse que permitan obtener las matrices de comparación para establecer la metodología numérica que permita asignar los pesos a cada uno de los niveles (procesos y objetivos) del sistema de gestión de calidad.

9.1.3. Diseño

La adopción de diseño será del tipo no experimental, esto debido a que la información se obtendrá de entrevistas a los dueños de procesos del sistema de gestión de calidad. Esta información no será modificada, se utilizará para la estructuración de las matrices de comparación y dar un sustento matemático a la cualificación de los factores dados por los entrevistados. Entre las técnicas a utilizar serán revisión de la documentación del sistema de gestión de calidad, entrevistas estructuradas

9.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el proceso de análisis jerárquico, del cual se obtendrán los valores para cada uno de los criterios o niveles (procesos y objetivos) del sistema de gestión de calidad para establecer una ponderación global.

9.3. Variables

A continuación, en la siguiente tabla se presentan las variables.

Tabla I. **Unidad de análisis**

Nombre de la variable	Definición teórica	Definición operativa	Indicador
Implementación de metodología Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) multi factores hacia la evaluación del Sistema de Calidad	Evaluación del logro o desempeño del sistema de Gestión de Calidad	Evaluar el peso de cada objetivo que pertenece a cada proceso del sistema de gestión de calidad respecto de las métricas alcanzadas	% de logro o desempeño del sistema de gestión, tanto mensual como anual
Nombre de la variable	Definición teórica	Definición operativa	Indicador

Continuación tabla I.

Tabla de Escala de Valores de importancia a utilizarse en la valuación.	Definir la escala de Saaty para la matriz por pares	Definir la escala de pares para los diferentes criterios, para este trabajo serían los procesos y objetivos que pertenecen a cada proceso	Matriz de valores de comparación a utilizar para cualificar importancia entre los factores
Ponderación de todos los procesos a través de una matriz multicriterio. % de cada proceso	Definir Matriz de pares para el nivel o criterio de los procesos	Se define la relación entre cada uno de los procesos del sistema de Gestión respecto a los otros procesos utilizando la matriz de valores de comparación	Matriz de Peso correspondiente de cada proceso; todos deben sumar 100%
Ponderación de cada objetivo que pertenece a cada proceso. % de cada objetivo	Definir Matriz de pares para el nivel o criterio de los objetivos	Se define la relación entre cada uno de los objetivos del cada proceso utilizando la matriz de valores de comparación	Matriz de porcentaje que representa cada objetivo del proceso. Debe de sumar 100%

Fuente propia.

9.4. Fases de estudio

A continuación, se presentan las diversas fases del estudio que se realizarán.

9.4.1. Fase 1. Revisión documental

En esta etapa se revisa la documentación que sirva para identificar los procesos y objetivos del sistema de gestión de calidad, de la empresa, así como identificar las diferentes métricas utilizadas para tabularlas en un formato de control de métricas tanto mensual como acumulado anual. La información se

buscará en la revisión física y digital del manual de calidad, así como de fuentes que permitan soportar la parte teórica del proyecto.

9.4.2. Fase 2. Definición de matriz de comparación de procesos

Para esta fase se revisará documentación para generar la matriz de comparación para los diferentes niveles, se busca información digital de la cualificación por pares, con esto se definirá una evaluación por pares para cada proceso que será revisado con gerencia general de tal forma que se aplique un factor numérico para evaluar la prioridad de los procesos entre sí, esto dado por gerencia general y el gestor de calidad.

9.4.3. Fase 3. Generar matriz de objetivos

Definido cada proceso de preparar la matriz de pares para el siguiente nivel, es decir una matriz para evaluar los objetivos entre sí de cada uno del Sistema de Gestión de Calidad. Para estos se genera matriz de comparación de objetivos esto genera una tabla de valuación y un indicador de prioridad de objetivo esto se debe revisar con cada dueño de proceso y el gestor de calidad.

9.4.4. Fase 4. Generación de peso por proceso

En esta fase se profundiza en la metodología de proceso jerárquico a través de documentación bibliográfica, así como estudios realizados utilizando esta metodología en otras aplicaciones que dan como resultado la generación de peso de cada proceso utiliza procesos matemáticos. Al finalizar se presenta la matriz de pesos a Gerencia y el Gestor de Calidad para que evalúen si corresponde el peso asignado a la cualificación dada anteriormente.

9.4.5. Fase 5. Generación de peso por objetivo

Se calcula el aporte de cada objetivo que corresponde a cada proceso. Utilizando la metodología de proceso jerárquico. Se genera matriz de peso objetivos para cada uno de los procesos la cual se socializa a cada uno de los dueños o encargados de los procesos.

9.4.6. Fase 6. Aplicación de análisis de sensibilidad

En esta fase se evalúa con cada encargado de proceso y gerencia general si los resultados obtenidos de la valuación matemática de los factores utilizados en la matriz de cualificación están alineados a la prioridad definida, si necesitan hacer cambios de alguna cualificación a algún conjunto de datos desarrollado.

9.4.7. Fase 7. Valuación del sistema de gestión de calidad

Con base en la investigación bibliográfica y la tabla generada de resultados de métricas para cada objetivo se calcula el peso ponderado que aporta cada nivel, de abajo hacia arriba, es decir, primero objetivos, y luego el peso de cada proceso para que se pueda tener la tabla de calificación del sistema de calidad. Esto se revisa con el gestor de calidad quien informa a cada proceso y gerencia de la medición del sistema de gestión.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se llevarán a cabo varias reuniones con el gestor de calidad de la empresa para obtener documentación del Sistema de Gestión de Calidad para establecer los procesos que forman parte del sistema para proceder a establecer el primer nivel. Se hará una breve descripción de cada proceso y se separaran los que son parte de la certificación y establecer los procesos de apoyo. Observación documental.

A partir de tener los procesos, se realizará una evaluación por pares entre los procesos para determinar la matriz base para los cálculos y determinar el peso según los criterios establecidos en la matriz de comparación sugerida. Observación participativa.

Al tener establecidos el peso de cada proceso, se procede a obtener la información de las metas y objetivos, con esta información se realiza la matriz de evaluación de pares para cada objetivo de cada uno de los procesos, dando como resultado la matriz base de cálculo del peso para los objetivos del proceso. Observación participativa.

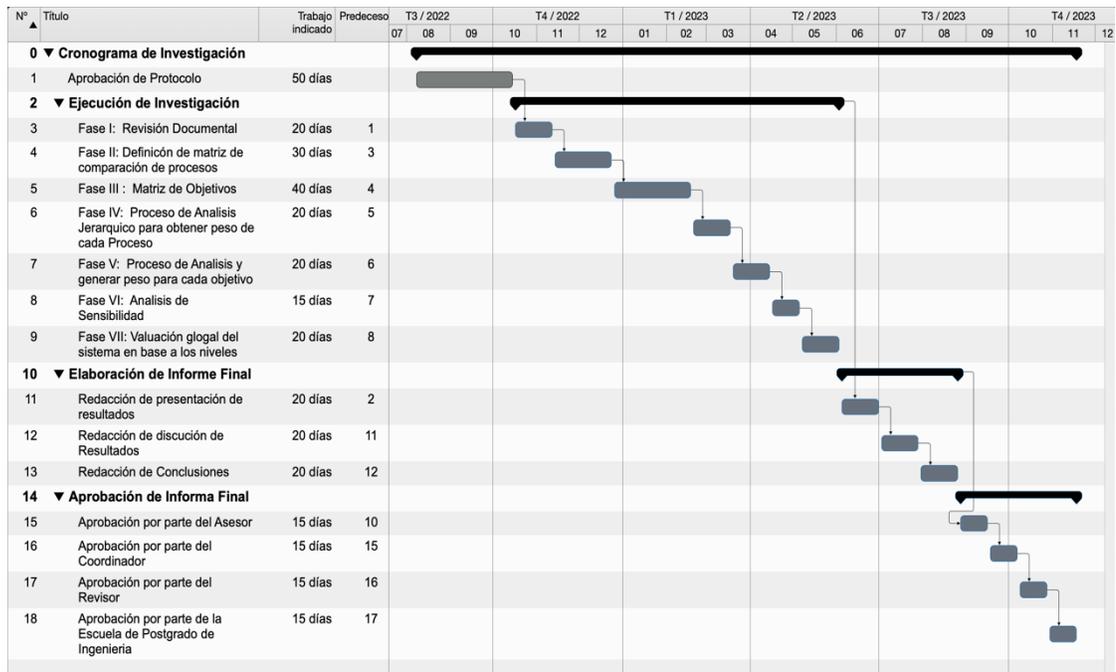
El procedimiento anterior se realizará con la ayuda de hojas electrónicas y se repetirá para cada proceso del sistema de Gestión de Calidad que es analizado.

Con toda la información obtenida se realizará un tablero que contenga el peso de cada proceso, sus objetivos y las métricas alcanzadas, de tal forma que

se pueda calcular para cada proceso el porcentaje alcanzado por cada uno y poder calcular el peso que tienen en todo el sistema. Observación documental.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Plan de acción



Fuente: elaboración propia, realizado en Merlín para macOS.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

Tabla III. Presupuesto

Presupuesto				
	Item	Cantidad	Costos (Q)	Fuente de financiamiento
Recurso Humano	Asesor	1	0	No aplica
	Investigador	1	Q -	No aplica
	Personal Operativo de la Empresa	11	Q -	No aplica
Recursos Materiales	Útiles y papelería	1	Q 500.00	Propia
	Norma ISO 9001:2015		Q 240.00	Propia
	Libro de Administración de Operaciones	1	Q 320.00	Propia
Recursos Físicos	Gasolina		Q 500.00	Propia
	Reuniones con Asesor	3	Q 1,000.00	Propia
Recursos Tecnológicos	Internet		Q 250.00	Propia
	Licencia Office	1	Q 500.00	No aplica
	Licencia de Merlin Office		Q 1,120.00	Propia
Equipo	Computadora	1	Q 4,500.00	Propia
	Memoria Backup	1	Q 80.00	Propia
	TOTAL		Q 9,010.00	

Fuente: elaboración propia.

El total del presupuesto será cubierto por el investigador ascendiendo a un total de nueve mil diez quetzales.

REFERENCIAS

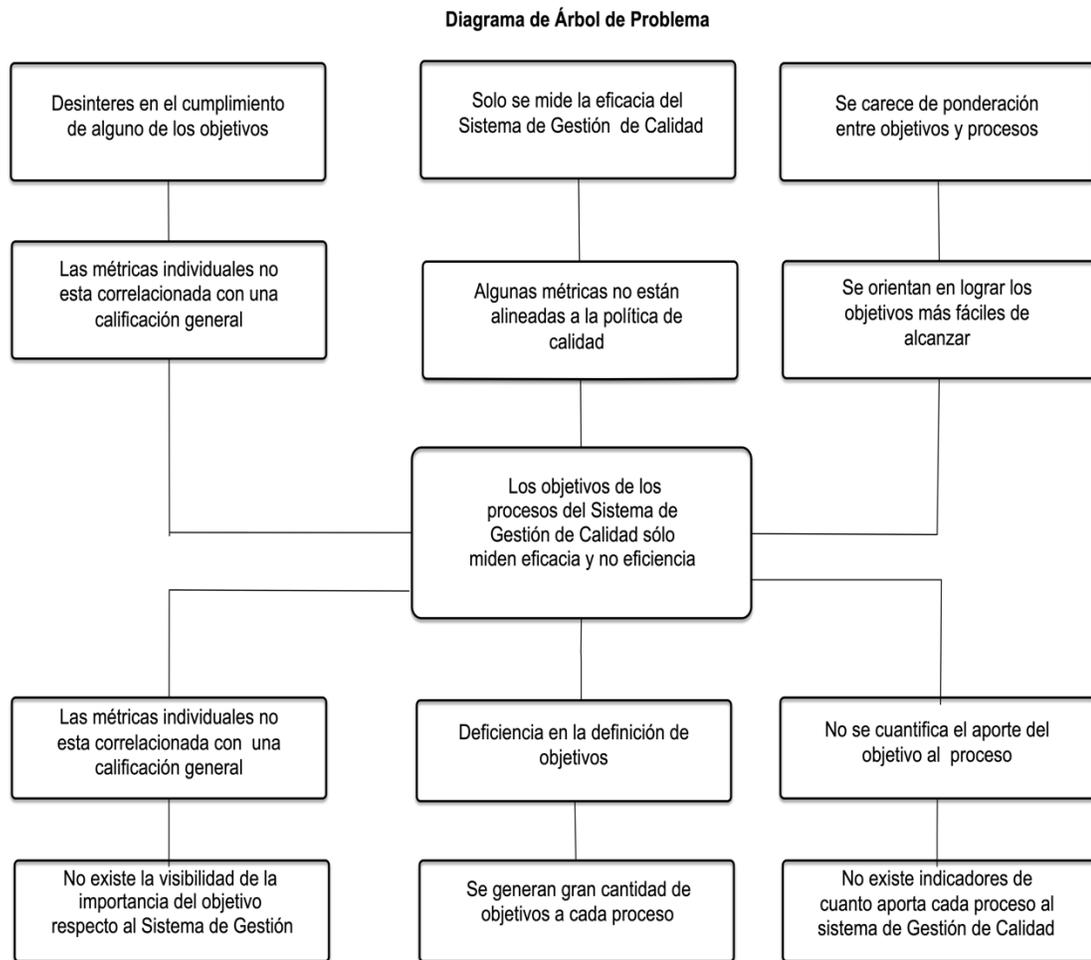
1. Burckhardt Leiva, V., Gisbert Soler, V., y Perez Molina, A. (2016). *Estrategia y desarrollo de una guía de implantación de la norma ISO 9001 2015*. España: ISO.
2. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (2015). *NTG ISO 9001*. Guatemala: Autor.
3. Cortés Sánchez, J. M. (2017). *Sistemas de Gestión de Calidad (Iso 9001:2015)*. España: ICB Editores.
4. Espinosa, M., y Tigre, F. (2017). *Proceso Analítico Jerárquico (AHP) Aplicado a la Selección de Metodología de Gestión*. Ecuador: CORFOPYM.
5. *Evaluación y Medición del Sistema de Gestión de Calidad*. (30 de julio, 2019). Ginebra: Autor. Recuperado de <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2019/07/evaluacion-y-medicion-del-sistema-de-gestion-de-calidad/>
6. Heizer, J., y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
7. Hurtado, T., y Bruno, G. (2017) *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores*. (tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San

Marcos. Perú. Recuperado de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.PDF

8. Romero Cuadrado, M., Romero Cuadrado, L., y Cuadrado Ebrero, M. L. (2017). *Decisión Multicriterio Discreta*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.
9. Saaty, T. (abril 2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
10. Saaty, T. L. (2014). *Decisiones para Lideres*. Pittsburgh: RWS Publications.
11. Universitat Politècnica de València (12 de noviembre 2015). Encuesta a expertos para la confección de las matrices | | UPV [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=r1DTdv-soaw&t=589s>
12. Yepes Piqueras, V. (27 de noviembre, 2018). *Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)*. [Mensaje en un blog]. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/>: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

APÉNDICES

Apéndice 1. Diagrama de árbol de problema



Fuente: elaboración propia, usando OmniGraffle.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Formulación de Problema

El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de una empresa metalmecánica de mobiliario de la ciudad de Guatemala está orientado hacia la eficacia del logro de cada uno de los objetivos que se plantean en la política de calidad, sin embargo, no se cuenta con una metodología que permita medir el impacto del desempeño de cada objetivo y proceso hacia todo el sistema que permita dar una valuación global, así como la importancia que tiene en el Sistema de Gestión.

Preguntas de Investigación	Objetivos	Variabes	Indicador	Técnicas e instrumentos	Metodología
¿ Como se podría evaluar el desempeño o eficiencia de un sistema de Gestión de Calidad de una forma más objetiva?	Implementación de metodología Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) multi factores hacia la evaluación del Sistema de Calidad	Indicador del nivel de eficiencia del sistema de gestión de calidad	% de logro o desempeño del sistema de gestión, tanto mensual como anual	Matriz de AHP y Matriz de Valuación por peso	Se determina el peso que aporta cada uno de los objetivos de cada proceso teórico y esto se multiplica por el resultado de la métrica observada mensual o acumulada para cada elemento
Preguntas Auxiliares	Específicos	Variable Dependiente	Indicador		
¿Cuál es la tabla de factores a definir para relacionar ya sea los procesos u objetivos entre sí?	Tabla de Escala de Valores de importancia a utilizarse en la valuación.	Tabla de Escala de Valores de importancia a utilizarse en la valuación.	Matriz de valores de comparación a utilizar para cualificar importancia entre los factores	Observación Documental, Tabla de Pares cualificables	Se desarrolla tabla de valores para comparar a los diferentes niveles (I y II) para determinar cual tiene mayor peso según criterio del Evaluador
¿Cómo se podría valuar el peso que tiene cada proceso en un sistema de Gestión de Calidad?	Ponderación de todos los procesos a través de una matriz multicriterio. % de cada proceso	Ponderación de todos los procesos a través de una matriz multicriterio. % de cada proceso	Matriz de Peso correspondiente de cada proceso; todos deben sumar 100%	Observación Participativa, Valuación de tabla de pares	Se desarrolla la matriz de peso para cada objetivo y se calcula en base a la metodología AHP el peso de cada proceso
¿Que aporte individual tiene cada objetivo de un proceso del sistema de gestión de calidad?	Ponderación de cada objetivo que pertenece a cada proceso. % de cada objetivo	Ponderación de cada objetivo que pertenece a cada proceso. % de cada objetivo	Matriz de porcentaje que representa cada objetivo del proceso. Debe de sumar 100%	Observación Participativa, Valuación de tabla de pares para cada conjunto de objetivos por proceso.	Se implementa la metodología AHP en el nivel II para obtener el porcentaje de cada objetivo que pertenece a un proceso. Esto se repite para todos los procesos.

Fuente: elaboración propia.