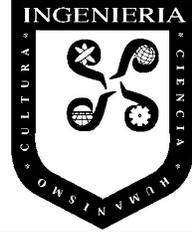




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA.



UN SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN DE
HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN: EL CASO DEL VALLE DE TOLUCA Y
DISTRITO FEDERAL

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

CYNTHIA CHRYSTELL CRUZ CRUZ

PEDRO YAIR VENCES GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. DAVID JOAQUÍN DELGADO HERNÁNDEZ

TOLUCA, MEXICO, JULIO 2015.

ÍNDICE

Agradecimientos	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tablas	vii
Lista de Abreviaturas	ix
INTRODUCCIÓN	1
Alcance	2
Objetivo	3
Pregunta de investigación e Hipótesis	4
Originalidad del trabajo	5
Metodología	5
Estructura de la Tesis	7
I. CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	
a. Introducción	8
b. Características de los proyectos de construcción	8
c. Definiciones de calidad	10
d. Calidad y sus dimensiones	13
e. Factores que determinan la calidad en proyectos de construcción	15
i. Utilización de herramientas y sistemas de gestión de calidad	16
f. Conclusiones	19
II. HERRAMIENTAS Y MÉTODOS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD	
a. Introducción	21
b. Estudios previos	21
c. Clasificación	23
i. Necesidades del cliente	26
ii. Organización de necesidades	26
iii. Métodos formales	27
iv. Planeación y programación	27

v. Control de calidad	28
vi. Medidas de desempeño	28
vii. Tecnología	28
d. Conclusiones	29
III. DIAGNÓSTICO DEL USO DE HERRAMIENTAS EN EL VALLE DE TOLUCA	
a. Introducción	30
b. Instrumento de recolección de datos	30
c. Población y selección de la muestra	31
d. Resultados	32
i. Validación del instrumento de la muestra: la fiabilidad y la validez de la prueba	33
ii. Herramientas de gestión de calidad: uso e importancia percibida	35
iii. Pruebas de hipótesis de diferencias entre medias.	36
iv. Compromiso de la alta directiva en la implementación de herramientas de gestión de calidad.	41
e. Conclusiones	41
IV. SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	
a. Introducción	43
b. Sistemas expertos	43
c. Etapas de un proyecto de construcción	44
i. Anteproyecto	46
ii. Diseño	50
iii. Licitación	52
iv. Construcción	53
v. Entrega	55
d. Criterios de evaluación	58
i. Costo	58
ii. Alcance	58
iii. Integración	58

iv. Facilidad	59
v. Bibliografía	59
vi. Madurez	59
vii. Entrenamiento	60
viii. Requerimientos	60
e. Evaluación de herramientas de gestión de calidad en base a criterios.	60
f. Ponderación de criterios	63
g. Desarrollo de una aplicación computacional para el sistema	65
i. Manual de usuario	65
ii. Ejemplos de aplicación	70
h. Oportunidades de Mejora del Sistema Experto	73
i. Conclusiones	75
V. CONCLUSIONES FINALES	76
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXO A. FACTORES CRÍTICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD EN EL SECTOR	88
ANEXO B. DEFINICIONES DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD	97
ANEXO C. CUESTIONARIO PARA LA INVESTIGACIÓN SOBRE HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEXICANA	122
ANEXO D. EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	125
ANEXO E. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE SISTEMA EXPERTO PARA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	140

Lista de Figuras

4.1	Etapas de un proyecto de construcción. Fuente (Morris 1981) y (Austen and Neale 1984).	45
4.2	Etapas de un proyecto de construcción considerados en el sistema experto para selección de herramientas de gestión de calidad (Elaboración propia):	46
4.3	Pantalla de Bienvenida al Sistema	67
4.4	Pantalla para la selección de parámetros de decisión	68
4.5	Pantalla de presentación de resultado de la consulta	69
4.6	Ejemplo de aplicación	71
4.7	Resultados de la consulta. Ejemplo de aplicación	72
A.1	Perspectivas de los participantes de un proyecto de construcción. Adaptación propia. Fuente: (Walker 2015)	90
B.1	Formato tipo L del diagrama de matrices.	104
B.2	Formato tipo T del diagrama de matrices.	104

Lista de Tablas

1.1	Características diferenciadoras de proyectos de construcción. Adaptado de (Delgado 2006)	9
1.2	Principales dimensiones de la calidad de productos y servicios.	14
2.1	Herramientas para mejorar la calidad. Adaptado de (Delgado 2006)	25
3.1	Distribución de las empresas según las etapas dentro del proceso de construcción	32
3.2	Resultados consistencia interna (n=50)	34
3.3	Resultados del análisis factorial (n=50).	34
3.4	Promedio del Uso e Importancia percibida de las Herramientas (n=50)	35
3.5	Resultados y comparación de la muestra para el uso y la importancia percibida	38
3.6	Comparación ordinaria de promedios, de las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas para el uso	38
3.7	Comparación ordinaria de promedios, de las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas para la importancia percibida	39
3.8	Comparación de las medias (de uso - [u] e importancia percibida- [ip]) para muestras independientes	39
4.1	Relación entre la Identificación de la Problemática y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).	47
4.2	Relación entre el Prediseño y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).	48
4.3	Relación entre los Estudios de Factibilidad y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).	50
4.4	Relación entre la etapa de Diseño y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).	51
4.5	Relación entre la etapa de Licitación y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).	53

4.6	Relación entre la etapa de construcción y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).	55
4.7	Relación entre la etapa de Entrega y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).	56
4.8	Herramientas de gestión de calidad de acuerdo a cada etapa de un proyecto de construcción.	57
4.9	Enunciados utilizados para evaluar las herramientas de gestión de calidad.	61
4.10	Ponderación de las herramientas de gestión de calidad.	64
4.11	Requerimientos del sistema experto (Microsoft 2015).	66
4.12	Calificaciones obtenidas en evaluación del sistema experto.	73
A.1	Tabla resumen de los factores que determinan la calidad de un proyecto de construcción.	96
D.1	Evaluación para grupo de Identificación de las necesidades del cliente.	125
D.2	Evaluación para grupo de Organización de necesidades	127
D.3	Evaluación para grupo de Métodos Formales	129
D.4	Evaluación para grupo de Herramientas de Planeación y Programación	131
D.5	Evaluación para grupo de Control de Calidad	133
D.6	Evaluación para grupo de Medidas <i>de desempeño</i>	136
D.7	Evaluación para grupo de Tecnología	138
E.1	Relación de valores que toma la variable ETAPA	140
E.2	Relación de valores que toma la variable GRUPO	140
E.3	Relación de valores que toman las variables de auxh1 a auxh6	141
E.4	Valores que se le asignan a los Criterios de selección proporcionados por el usuario	141

Lista de Abreviaturas

ASCE	American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)
CE	Concurrent Engineering (Ingeniería Concurrente)
CMIC	Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
CPM	Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica)
DF	Distrito Federal
GCE	Gestión de Calidad Estratégica
GCT	Gestión de Calidad Total
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series (Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional)
PERT	Program Evaluation and Review Technique (Técnica de evaluación y revisión de programas)
PYME	Pequeñas y Medianas Empresas
QFD	Quality Function Deployment (Función para Desplegar Calidad)
SPSS	Statistical Program for Social Sciences (Programa Estadístico para las Ciencias Sociales)
TLC	Tratado de Libre Comercio
TQM	Total Quality Management
TRIZ	Teoriya Reshenya Izobretatelsky Zadach (Teoría para resolver problemas inventivos)
VB	Visual Basic

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción constituye un motor de desarrollo en nuestro país. De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2014) la participación del sector con respecto al Producto Interno Bruto (PIB) en 2013 fue de 7.6%. Además, de cada 100 pesos que se destinan a la construcción, 54 se emplean para la compra de servicios y materiales que ofrecen 37 de las 73 ramas económicas que integran la cadena productiva de la construcción (Merced and Rodríguez M. 2011).

En el mundo actual la calidad es un elemento esencial para la inserción eficiente de las organizaciones en la era de los negocios. Si consideramos que el costo de la no calidad en el sector de la construcción es estimado entre el 5-10% de su producción total (Manjarréz 2001), las empresas constructoras deben basar sus estrategias en la atención de la calidad como motor para la productividad y la competitividad para avanzar en su desempeño hasta afianzarse como corporaciones sólidas y socialmente rentables (CONACYT 2009).

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes filosofías de calidad, la mayoría ellas se han aplicado en la industria manufacturera. Sin embargo, debido a la naturaleza de los proyectos en la industria de la construcción se dificulta la implementación de algún sistema de gestión de calidad en empresas constructoras.

Lo anterior sitúa a la industria de la construcción ante un reto importante, ya que debe adaptarse a las filosofías de calidad existentes, a través de la correcta selección de herramientas y técnicas de gestión. Sin embargo, un estudio realizado hace una década en México por Delgado y Aspinwall (2005) reveló que no todas son conocidas, y por lo tanto rara vez se emplean en la práctica. De hecho, se percibe que la situación no ha cambiado desde entonces, por lo que se ha decidido llevar a cabo una investigación para conocer su estado actual y proponer una solución que contribuya a difundir y a elegir las herramientas apropiadas para mejorar las prácticas de calidad en el sector.

En términos de la propuesta de solución, en principio se puede pensar en consultorías o software especializado, pero los costos pueden resultar onerosos. Como una tercera alternativa se puede pensar en el desarrollo de un Sistema Experto, cuyo objetivo sea simular los procesos de aprendizaje, razonamiento, comunicación y acción de un experto humano en la materia de calidad. Con ello, se estaría simulando la participación de un consultor, que puede sustituirse con unas ciertas garantías de éxito (De Ávila 2015).

Alcance

El presente trabajo ha sido pensado para los profesionales de la industria de la construcción; encargados de la administración de proyectos, que estén interesados en la mejora de la calidad de sus productos y servicios. Así, el sistema experto que se desarrollará deberá ser empleado, preferentemente, por los gerentes que tengan una visión completa del proceso constructivo y que, adicionalmente, cuenten con la facultad de tomar decisiones para la adopción y adaptación en sus firmas de las herramientas que se estudiarán.

Esta investigación ha sido desarrollada básicamente en dos etapas, la primera consiste en la evaluación de la amplitud de uso y de la importancia de las herramientas de gestión de calidad en la zona de estudio elegida. Esto actualizará un estudio previamente desarrollado. Y en la segunda etapa, se desarrollará un sistema experto para la selección de herramientas de gestión de calidad, cuya propuesta pretende cubrir uno de los factores que afectan negativamente las iniciativas de gestión de calidad, el de la falta de conocimiento de técnicas y su selección por parte de los gestores de proyectos (Jha and Iyer 2006).

De tal manera que esta investigación pretende dar como resultado un sistema experto, esperando que sirva de guía para los profesionales de la construcción que inician actividades de gestión de calidad en sus empresas y proyectos. Se trata, finalmente, de que la toma de decisiones con respecto a qué herramienta de gestión de calidad utilizar de acuerdo a la etapa de proyecto y a la clasificación de dichas herramientas sea asertiva.

El sistema experto se programará en lenguaje Visual Basic para Excel. Siendo Excel uno de los paquetes computacionales de amplio uso para realizar cálculos relacionados con el campo

de la ingeniería, se espera que el sistema tenga mayor trascendencia. Por otro lado VB para Excel, es un lenguaje que los autores de esta investigación pueden manejar debido a que no requiere de conocimientos avanzados en programación.

El sistema experto a desarrollar tiene la capacidad de realizar las siguientes tareas:

-Procesa las consultas realizadas por el usuario, en relación a qué herramienta de gestión de calidad utilizar de acuerdo con la etapa del proyecto, el tipo de tarea para la cual se empleará y la definición de tres criterios de evaluación relacionados con la estructura organizacional de la empresa constructora entre otras características.

-Procesa esta información proporcionada por el usuario, basándose en una metodología de ponderación lineal, ideal para problemas difíciles de medir.

-Emite como resultado de la consulta, el nombre de la herramienta de gestión de calidad con la mejor puntuación con base en los criterios de evaluación que el usuario seleccionó.

-Adicional al nombre de la herramienta de gestión de calidad, el sistema proporciona una breve descripción, en la que se explica en qué consiste dicha herramienta.

Objetivo

Objetivo general

- Desarrollar un sistema experto para la selección de herramientas de gestión de calidad.

Para ello, se toma como referencia el estudio de Delgado y Aspinwall (2005), con el propósito de identificar la amplitud de uso y la importancia percibida de un conjunto de treinta herramientas de gestión, en la zona del Valle de Toluca y Distrito Federal. Dicho análisis servirá como base para el desarrollo del sistema. En efecto, si resulta que los niveles de uso son bajos, el sistema contribuirá a ampliar su utilización en la práctica, facilitando el proceso de selección. En caso contrario, ayudará a elegir las herramientas de manera asertiva y permitirá que los usuarios conozcan más detalles del alcance de cada una.

Objetivos específicos

- Identificar la cantidad de empresas que están certificadas con la norma ISO 9001, misma que establece los requisitos de un sistema de gestión de calidad.
- Determinar cuáles son los grupos de herramientas de gestión de calidad más implementados en las empresas certificadas con la norma ISO 9001 y las firmas que aún no lo están.
- Establecer si los empleados de las empresas reciben entrenamiento en el uso de alguna de las treinta herramientas de gestión de calidad bajo estudio.
- Sugerir el uso de herramientas de gestión de calidad, a través del sistema experto, de acuerdo con la etapa del proyecto, la tarea en la cual será empleada y a un conjunto de criterios de evaluación enfocados a las características organizacionales de la empresa constructora.
- Proporcionar una descripción de la herramienta recomendada, que le permita al usuario del sistema experto tener una idea general de su forma de aplicación.

Pregunta de investigación e hipótesis

- ¿Cuáles son las iniciativas de calidad más implementadas en las empresas constructoras del Valle de Toluca y Distrito Federal?
- ¿Cuántas de las empresas en estudio están certificadas con alguna norma referente a sistemas de calidad?
- ¿Los empleados de las empresas constructoras reciben capacitación en el uso de las herramientas de calidad?

De acuerdo a las preguntas de investigación planteadas, se propone la siguiente hipótesis de trabajo.

H₀: Las herramientas de gestión de calidad en las empresas constructoras del Valle de Toluca y Distrito Federal se emplean con poca frecuencia, a pesar de que se conocen.

Por lo que un sistema experto puede contribuir a facilitar su selección y aumentar su uso en la práctica cotidiana de las empresas constructoras.

Originalidad del trabajo

La originalidad de este trabajo es, por un lado, que identifica qué porcentaje de empresas constructoras implementan prácticas de gestión de calidad, y determina el nivel de importancia que las empresas constructoras del Valle de Toluca y el Distrito Federal le otorgan a un conjunto de herramientas de gestión de calidad. Revelando así, áreas de mejora en términos de gestión de calidad en el sector de la construcción. Dichos resultados son representativos en el panorama nacional, dado que la zona de estudio representa poco más del 10% de la producción del PIB del sector construcción en el país.

Por otro lado, al desarrollar un sistema experto para la selección de herramientas de gestión de calidad, se le presenta a las empresas constructoras una importante guía para identificar cuáles son aplicables en distintas etapas de un proyecto de construcción. Además de que pueden ser evaluadas con base en criterios que consideran aspectos relevantes en la organización de dichas empresas, como el hecho de que éstas dispongan de recursos económicos, materiales y de personal para la implementación de alguna de las herramientas para la gestión de calidad.

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se procede a la revisión de la literatura referente a las herramientas y métodos usados en los sistemas de calidad de empresas constructoras. Seguido de esto se está en posibilidad de generar un instrumento de recolección de datos para diagnosticar el nivel de uso e importancia percibida de algunas herramientas de calidad en la industria de la construcción Mexicana. Tomando como referencia el estudio realizado por Delgado y Aspinwall (2005).

El tamaño de la muestra se determinará con base en la siguiente expresión $n = z^2 s^2 / e^2$, según lo establecido por Burns y Bush (2001). Con ella, se puede establecer el número de empresas a encuestar, tomando como referencia la precisión que se desea alcanzar en los resultados.

La selección de la muestra, se hará de forma estratificada considerando los siguientes factores:

- (i) Aproximadamente la mitad de las empresas desarrolla trabajos de construcción.
- (ii) Las compañías se distribuyen dentro del Valle de Toluca y Distrito Federal, de manera que se logre una perspectiva nacional de la industria, pues estas dos zonas en conjunto suman poco más del 10% de la producción del PIB en el sector de la construcción (INEGI, 2010).
- (iii) Aproximadamente la mitad de las empresas deben estar certificadas con la norma ISO 9001, al ser ésta la norma a nivel internacional más utilizada para asegurar la calidad de productos y servicios.

Con estos criterios, se asegura la participación de empresas que conocen del tema en el sector, y que se encuentran en una de las regiones más productivas del país.

Una vez recolectados, se hará el análisis de confiabilidad y validez de los datos, utilizando indicadores como el Coeficiente Alfa de Cronbach y el indicador Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Los resultados se analizarán empleando herramientas de la estadística descriptiva e inferencial, para llevar a cabo pruebas de hipótesis.

Con base en los resultados obtenidos, y la revisión de la bibliografía, se propondrá un sistema experto que facilite la selección de herramientas de gestión de calidad, que bien puede ser un importante apoyo en el establecimiento de un sistema de gestión de calidad. Se pretende que el sistema sugiera la utilización de herramientas con base en criterios como: facilidad de uso, si la herramienta puede utilizarse en distintas tareas dentro de la empresa, capacitación accesible para dicha herramienta, si la bibliografía existente respecto a la herramienta es suficiente para que se sepa cómo aplicarla, si la empresa requiere madurez en la aplicación de algún sistema de calidad, si se requeriría de tecnología, equipo e instalaciones dentro de la empresa y qué tanto se integra la herramienta con las ya existentes en una empresa y costo.

Como se mencionó con anterioridad, el desarrollo del sistema experto será en el marco del Visual Basic para Excel dado que no demanda conocimientos avanzados en programación y porque la trascendencia de su uso podría favorecer la implementación de herramientas de gestión de calidad dentro de empresas constructoras.

Finalmente, a través de una prueba piloto se validará el sistema experto y se darán recomendaciones para que los lectores interesados lo puedan emplear cotidianamente.

Estructura de la tesis

El trabajo se compone de cuatro capítulos, En el primero, se presentan definiciones del término calidad y sus dimensiones en la industria de la construcción. En el capítulo dos se analizan las características de las herramientas y métodos para la gestión de la calidad, que serán considerados en este estudio. En el tercer apartado, se describe el proceso del diagnóstico del nivel de uso y de importancia de las herramientas de gestión de calidad percibida por las empresas constructoras del Valle de Toluca y Distrito Federal, y se analizan los resultados obtenidos a partir de la recolección de datos.

En el capítulo cuatro se describe el proceso a través del cual se desarrolló un sistema experto para la selección de herramientas de gestión de calidad, se establecen las características del mismo además de sus alcances.

Finalmente, se refieren las conclusiones y recomendaciones para ser tomadas en cuenta por aquellas personas que estén interesadas en la implementación de un sistema de gestión de calidad. De igual forma, se presentan ideas de trabajo a futuro, señalando las líneas de investigación que resultan de este trabajo.

I. CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

a. Introducción

La industria de la construcción es uno de los sectores económicos más importantes del país. En la actualidad, dados los mercados globales altamente competitivos, las empresas con mayores posibilidades de negocios son aquellas que concentran sus esfuerzos en mejorar los niveles de competitividad y productividad. Para tal propósito la calidad es un aspecto clave. Sin embargo los proyectos de construcción son de naturaleza única, siendo sus características únicas, una fuente de problemas que pueden afectar su calidad.

En el presente capítulo se analizarán las características de los proyectos de construcción, se discutirán algunas definiciones de calidad con base en varios enfoques, y se revisarán los principales factores que afectan la calidad en los proyectos de construcción.

A-priori se puede pensar que, dada la naturaleza de dichos proyectos en el sector, se debería tener una definición de calidad distinta a la utilizada en otras industrias, como la manufacturera. En efecto, la principal diferencia es la imposibilidad de estandarizar los trabajos. Pero esta diferencia no es obstáculo para que las empresas constructoras aseguren la calidad de sus trabajos.

b. Características de los proyectos de construcción.

La construcción se define como *“la movilización y empleo de capital y personal especializado, materiales y equipo para ensamblar materiales y equipo en un sitio específico de acuerdo con planos, especificaciones y contratos diseñados para satisfacer las necesidades del cliente”* (Merrit, Loftin et al. 1996).

Los proyectos de construcción tienen ciertas características que los hacen distintos de otras industrias; Walker (2015) considera que dichas características se pueden agrupar en cuatro incertidumbres:

- *Natural*: los productos de la construcción se desarrollan en ambientes no controlados, sujetos a cambios de clima, condiciones de suelo y acceso,

- *Actividad*: los proyectos son únicos, es decir, a pesar de que tengan similitudes, cada uno requiere de un diseño nuevo, con nuevos problemas de construcción que demandan solución,
- *Organizacional*: cada proyecto es desarrollado por un equipo de trabajo temporal, las variaciones en el tipo y tamaño del proyecto provocan que los requerimientos del personal cambien, y
- *Contractual*: los términos del contrato varían en función de las características del proyecto.

En la tabla 1.1 se muestran características inherentes a los proyectos de construcción, basados en la clasificación de Walker.

Tabla 1.1. Características diferenciadoras de proyectos de construcción. Adaptado de (Delgado 2006)

INCERTIDUMBRES			
Natural	Actividad	Organizacional	Contractual
-Localización de la obra	-Clientes diferentes	-Contratación de trabajadores locales	-Responsabilidades diferentes
-Problemas de clima	-Diferentes prioridades	-Proveedores locales	-Diferentes autoridades
-Condiciones del suelo	-Diferentes diseños	-Subcontratistas locales	-Diferentes subcontratistas
-Acceso a sitios de construcción	-Utilización de espacio	-Distintos diseñadores y constructores en cada proyecto	
-Interrupciones a causas de desastres naturales (inundaciones, sismos, huracanes)	-Diferente infraestructura de producción (maquinaria)	-Los trabajadores no se identifican con la organización (falta de lealtad)	
	-Diferentes materiales		
	-Tiempos de ejecución distintos.		

Ciertamente los proyectos de construcción son únicos, complejos y laboriosos por lo que raras veces llegan a ser exitosos. De acuerdo con Chamoun (2007), los factores que deben ser administrados y controlados para lograr el éxito son: costo, tiempo y calidad.

Además de ser un factor clave para el éxito de un proyecto, la calidad se ha convertido en un elemento esencial para la inserción eficiente de las organizaciones en los negocios nacionales e internacionales; aquellas empresas que basan sus estrategias en la atención de la calidad como motor para la productividad y la competitividad, cuentan con mejores posibilidades de

avanzar en su desempeño hasta afianzarse como corporaciones sólidas y socialmente rentables (CONACYT, 2009).

c. Definiciones de calidad

Para establecer los factores que determinan la calidad de un proyecto de construcción, es necesario definirla. Al buscar una definición de calidad, es fácil encontrar en la literatura un número variado de enunciaciones propuestas por autores como Edward Deming, Joseph M. Juran y Philip B. Crosby que la definen como: “calidad es satisfacción del cliente”, “calidad es adecuación al uso del cliente”, y “calidad es cumplimiento de requisitos” respectivamente. Por otro lado la calidad se puede ver desde las perspectivas de varias disciplinas y cada una de ellas ofrece un punto de vista diferente.

Uno de los estudios más influyentes en la materia lo desarrolló Garvin (1984), quien propone cinco enfoques para definir la calidad de un producto:

1. *El enfoque trascendente*: ve a la calidad como sinónimo de “excelencia innata”, el cumplimiento de altos estándares y alto rendimiento. En este enfoque puede compararse el término “calidad” con el de “belleza” pues no pueden ser definidos pero pueden ser entendidos sólo después de que una persona está expuesta a una sucesión de objetos o sucesos que le muestran sus características.
2. *Enfoque producto-base*: ve a la calidad como una variable precisa y medible. Asocia a la calidad en virtud de la cantidad de los insumos que el producto necesita. Otros atributos medibles bajo este enfoque pueden ser la durabilidad y resistencia del producto. Así, el enfoque infiere que para lograr una alta calidad es preciso realizar una inversión económica mayor.
3. *Enfoque basado en el usuario o cliente*: cada cliente tiene diferentes deseos y necesidades. Aquellos productos que mejor satisfagan sus preferencias son los que ellos consideran que tienen la más alta calidad. Este concepto implica dos problemas, el primero es cómo tomar en cuenta la amplia gama de preferencias

individuales que hagan que el producto sea significativo en el mercado global, y la segunda es cómo distinguir entre los atributos que agregan calidad y aquellos que simplemente maximizan la satisfacción del cliente.

4. *Enfoque basado en la fabricación:* esta perspectiva se centra en las prácticas de manufactura e ingeniería del producto. Básicamente, aquí se define la calidad como el cumplimiento de requisitos, una vez que el diseño y las especificaciones se han establecido; cualquier incumplimiento con estos se consideran una reducción de la calidad. En la práctica, basados en éste enfoque, se utilizan herramientas como técnicas estadísticas e identificación de fallas, las cuales conducen a la reducción de costos pues prevenir defectos es menos costoso que repararlos.
5. *Enfoque basado en el valor:* en este caso la calidad se entiende en términos de costo y precio. Un producto de calidad es aquel que tiene un buen desempeño respecto a los productos de la competencia a un precio inferior, o aquel que con un precio comparable a los de la competencia, ofrece un mejor desempeño. Este enfoque ofrece una ventaja de comparación con otras empresas. Sin embargo la manera de medir la calidad es el “valor percibido”, por lo cual resulta difícil delimitar el concepto.

Los enfoques descritos son aplicables genéricamente a productos de cualquier sector, pero de acuerdo con Arditi y Gunaydin (1997) la calidad en la industria de la construcción puede verse desde distintos puntos de vista:

1. Desde los *marcos reglamentarios*, los cuales podrían definir la calidad en términos de una responsabilidad en la práctica profesional, en términos de estandarización de materiales y métodos de construcción.
2. *Profesionistas de la construcción*, en los que se encuentran diseñadores, constructores, supervisores, proveedores entre otros. Algunos de ellos podrían

definir a la calidad en términos de estética, respuesta estructural y la interacción entre la construcción y su entorno. Aspectos que pueden ser subjetivos y origen de importantes desacuerdos al querer medirla.

3. *Funcionalidad*, la cual se refiere a la evaluación de la medida en que el proyecto se ajusta a sus requerimientos de diseño.

Los mismos autores refieren a las diferentes definiciones de calidad expresadas en un estudio de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), entre las cuales se encuentran las siguientes:

- *El cumplimiento de los requerimientos del constructor de acuerdo a planes contractuales, especificaciones y otros documentos preparados con suficiente detalle que le permitan al constructor preparar su propuesta de precios u oferta competitiva; que permitan tomar decisiones oportunas del dueño y el diseñador en la autorización y procesamiento de órdenes de cambio así como la interpretación justa y oportuna de requerimientos del contrato y de personal de inspección; contratación para la ejecución de trabajos en programas razonables que permitan ganancias razonables¹.*
- *Cumplimiento de los requerimientos en términos de seguridad y salud pública, condiciones ambientales y protección de la propiedad pública en apego a leyes aplicables, marcos regulatorios, códigos y políticas.²*

De forma complementaria, la evolución del concepto de calidad se ha resumido tradicionalmente en cuatro etapas: inspección de la calidad, control de calidad, aseguramiento de la calidad y gestión de la calidad total (Dale 2003). Sin embargo, recientemente Heras et al. (2009) consideran que existe una quinta a la que han denominado: Gestión de Calidad Estratégica (GCE). En esencia, se trata del proceso en el cual se establecen objetivos para

¹ Traducción de los autores

² Traducción de los autores

logar la fidelidad de los clientes en el largo plazo, considerando la calidad de los productos como uno de los factores de éxito. En esta etapa se funden los principios de la gestión de calidad total y de dirección estratégica. Los conceptos básicos de GCE son: orientación al cliente, liderazgo, planificación estratégica de la calidad, calidad del diseño, prevención, participación y colaboración de los trabajadores, gestión basada en hechos y mejora continua (Rao and Tang 1996). Se considera que las empresas constructoras deben aspirar a este último nivel.

Hasta este momento se han presentado algunas ideas relacionadas con la calidad de los productos de manera general, y se ha adelantado algo acerca de la calidad en la industria de la construcción. No obstante no se ha considerado la parte de servicios, que también es fundamental en el sector, por lo que en la siguiente sección se amplía el tema.

d. Calidad y sus dimensiones

Algunas veces, dada la subjetividad del concepto en estudio, sus dimensiones no son tan fácilmente observables por los sujetos, sino que son abstracciones realizadas a partir de atributos o características que éstos perciben (Dunque 2005). Yasamis et al. (2002) sostienen que para entender la calidad dentro del sector de la construcción debe verse desde dos grandes enfoques: calidad del producto y aquella orientada al servicio.

El primer enfoque está asociado, por ejemplo, al logro de la calidad en los materiales y equipo que se utilizan en la construcción de una estructura y a cómo los usuarios finales evalúan las instalaciones terminadas; mientras que el segundo se refiere a la forma en que un proyecto es organizado y administrado, de forma que desde la fase de diseño hasta la construcción y el mantenimiento, se logre la satisfacción del cliente directo.

Los autores clásicos de la calidad en los productos y servicios son Garvin (1984) y Parasuraman et al. (1988). Así, el primero propone ocho dimensiones como un marco de referencia al plantear los elementos básicos de un producto de calidad. Por su parte, Parasuraman et al. (1988) desarrollaron uno de los modelos más aceptados para medir la calidad de los servicios, denominado SERVQUAL, en el que se establecen cinco

dimensiones para medir la diferencia entre las percepciones y las expectativas de los clientes. Estas dos propuestas se encuentran contenidas en la Tabla 1.2 y pueden aplicarse a la mayoría de las industrias, entre ellas la de la construcción.

Tabla 1.2 Principales dimensiones de la calidad de productos y servicios.

Dimensiones de la calidad de productos. Garvin (1984)	Dimensiones de la calidad de un servicio. Parasuraman et al. (1988)
1. <i>Desempeño</i> : se refiere a las características de funcionamiento básicas.	1. <i>Credibilidad</i> : habilidad para desarrollar el servicio como se pactó y con exactitud.
2. <i>Características</i> : aspectos de orden secundario que complementan el funcionamiento básico de un producto.	2. <i>Capacidad de respuesta</i> : disposición a ayudar a los clientes y ofrecer un servicio rápido
3. <i>Confiabilidad</i> : se refiere a la probabilidad de falla de un producto en un periodo de tiempo específico.	3. <i>Empatía</i> : la capacidad de la empresa de brindar cuidado y atención individualizada a sus clientes.
4. <i>Apego a especificaciones</i> : grado en que las características de diseño y funcionamiento se apegan a estándares establecidos.	4. <i>Certeza</i> : conocimiento de los empleados sobre lo que hacen, su cortesía y su capacidad de transmitir confianza y seguridad.
5. <i>Durabilidad</i> : medida del periodo de vida del producto, es decir, el nivel de uso antes de que el producto requiera reparaciones.	5. <i>Instalaciones de la compañía</i> : apariencia de las instalaciones físicas, equipo y personal.
6. <i>Facilidad de mantenimiento</i> : la rapidez y grado de dificultad para que pueda ser reparado el producto.	
7. <i>Estética</i> : apariencia del producto según las preferencias del cliente.	
8. <i>Calidad Percibida</i> : evaluación del producto con base en la impresión o sensación que éste brinda al cliente.	

Para complementar la lista anterior, Yasamis et al. (2002) proponen utilizar dimensiones como puntualidad, integridad del trabajo, cortesía, constancia, accesibilidad, comodidad, precisión y capacidad de respuesta como dimensiones para medir la calidad del servicio dentro de la industria de la construcción.

Conocer cuáles son las principales dimensiones o factores que el cliente tiene en cuenta cuando evalúa la calidad de un servicio es importante para la empresa, ya que con ello puede organizar sus estrategias de gestión. Si la empresa conoce los elementos más apreciados por el cliente en la experiencia del producto y del servicio, podrá canalizar sus esfuerzos en esa dirección, y de este modo mejorar el nivel de calidad percibido por el cliente (Setó 2004).

e. Factores que determinan la calidad en proyectos de construcción

De acuerdo con Arditi y Gunaydin (1997) establecer los requisitos de calidad en un proyecto comienza al considerar un cuidadoso equilibrio entre las limitaciones de costo, tiempo, características de funcionamiento deseado y materiales de construcción. Aspectos normalmente impuestos por el propietario, y complementados con el compromiso por parte de los diseñadores y constructores por cumplir esos requerimientos oportunamente.

Debido a la naturaleza única y al amplio número de participantes en un proyecto de construcción, es importante definir cuáles son los factores críticos que determinan la calidad en el sector. Con base en la revisión de literatura se proponen los siguientes grupos de factores que determinan su calidad. Dichos grupos están interrelacionados, sin embargo se abstraerán sus cualidades para entender su papel en el aseguramiento de calidad de proyectos de construcción.

- Apoyo de la alta directiva
- Capacidades del gerente del proyecto
- Interacción de los participantes del proyecto
- Aspectos técnicos
- Aspectos económicos y financieros
- Administración de recursos humanos
- Relación con proveedores
- Habilidad de la empresa para entender al cliente
- Utilización de herramientas y sistemas de gestión de calidad

En el Anexo A se pueden encontrar los detalles específicos de cada uno de estos factores, así como diversas referencias que las han citado. Para no interrumpir la secuencia del argumento,

se detalla enseguida sólo el último de ellos, referente al uso de herramientas, en virtud de que constituye un tema central para la presente investigación.

i. Utilización de herramientas y sistemas de gestión de calidad

Un sistema de gestión de calidad es un conjunto de principios, procedimientos y actividades coordinadas necesarios para lograr los niveles deseados de calidad en productos y servicios. La alta dirección es la encargada de seleccionar qué sistema es el que se adecua a sus procesos de trabajo y cultura organizacional, pero también es responsable de definir el monto de la inversión económica que la empresa está dispuesta a destinar en la implantación de dicho sistema. Además debe tener presente que cualquiera que sea el sistema de gestión de calidad, todos los integrantes de la empresa deben entender los principios del mismo, para lo cual son necesarias la capacitación y la mejora continua.

En la industria de la construcción se ha reportado el uso de los siguientes sistemas de gestión de calidad.

➤ Normas ISO 9000.

La familia ISO 9000 incluye diversos aspectos de la gestión de la calidad. Las normas proporcionan orientación y herramientas para las empresas y organizaciones que quieren asegurar que sus productos y servicios cumplen consistentemente los requerimientos del cliente, y que la calidad se mejora constantemente (ISO 2015).

Las normas que componen esta familia son:

- ISO 9001: 2008 - Establece los requisitos de un sistema de gestión de calidad
- ISO 9000: 2005 - Cubre los conceptos y lenguaje básicos
- ISO 9004: 2009 - Se centra en cómo hacer que un sistema de gestión de calidad sea más eficiente y eficaz
- ISO 19011: 2011 - Presenta una guía sobre las auditorías internas y externas de los sistemas de gestión de calidad.

Una empresa certificada bajo las normas ISO ha demostrado la acreditación de un “tercero” o un auditor externo, de que sus procesos son documentados y que la compañía está sistemáticamente siendo auditada, lo que garantiza que sigue políticas y procedimientos para producir productos de alta calidad (Arditi and Gunaydin 1997).

Sin lugar a dudas la implementación de la normatividad ISO es una herramienta útil para la gestión de la calidad, ya que este sistema se centra en la prevención más que en la detección y fomenta el uso de la planificación de la calidad. De igual manera, promueve la formación y las tareas de resolución de problemas para mejorar los productos. También mejora la productividad, ya que hace hincapié en la integración de la calidad en la etapa de diseño en lugar de la etapa de control final (Delgado 2006).

A pesar de los beneficios de la certificación, los esfuerzos de la empresa no deben concluir al lograrla, puesto que la mejora continua es vital para sustentar la calidad. Es decir, la certificación no garantiza necesariamente que se desarrollen productos y servicios de alta calidad, aunque los procesos para desarrollarlos y entregarlos sean estandarizados. Algunos estudios sobre la implementación ISO 9000 en las pequeñas empresas han llegado a la conclusión de que el impulso para alcanzar la certificación no proviene de un deseo propio de mejorar, sino que en ocasiones se debe a la presión de las grandes empresas y al miedo de perder clientes potenciales (Yusof and Aspinwall 2000).

➤ Gestión de calidad total.

De acuerdo con Dale (2007) la Gestión de calidad total (TQM) se puede definir como "*La cooperación mutua en una organización y procesos de negocios asociados para producir productos y servicios que satisfagan la relación valor-precio, y que exceden las necesidades y expectativas de los clientes*"³. Así su alcance es mayor, pudiendo considerarse como una filosofía y un conjunto de principios que guían la gestión de una administración. Este sistema se basa en 8 principios: enfoque al cliente, liderazgo, involucramiento del personal, enfoque basado en procesos, enfoque de sistema para la gestión, mejora continua, enfoque basado en

³ Traducción de los autores

hechos para la toma de decisiones y relaciones con proveedores de mutuo beneficio. Los cuales por cierto son principios sobre los cuales se basan las normas ISO 9000.

Además de los sistemas de gestión de calidad, para apoyar y desarrollar un proceso de mejora continua de calidad, una organización tendrá que utilizar una gran variedad de herramientas y técnicas dentro de un enfoque de resolución de problemas. Sin embargo, sin una aplicación efectiva de una serie de herramientas resultará difícil solucionarlos (Dale 2007).

Mascarenhas et al. (2008) enfatizan que se debe hacer una correcta distinción entre herramientas y técnicas, ya que ellas son esenciales para entender la gestión de calidad. Una herramienta es un instrumento que tiene un papel importante en la solución de un problema, ejemplos de ellas son: diagramas de afinidad, diagramas de matrices, histogramas y diagramas de dispersión. Una técnica tiene una aplicación más amplia, pues consiste en un conjunto de herramientas asociadas a la solución de un problema, ejemplos de ellas son: la Función de despliegue de calidad (QFD) y Benchmarking. Un método indica los pasos a seguir para lograr un objetivo, Seis Sigma, ISO 9000, Gestión de Calidad Total y el Circulo de Deming, son ejemplo de métodos.

Por otro lado, el mismo autor menciona que un gerente de calidad puede identificar la necesidad de usar cierta técnica sin conocer todas las herramientas asociadas a ella, además el gerente también puede recurrir a la literatura y consultores para recibir orientación sobre cómo seleccionar herramientas. Dadas las diferencias en los términos, y con el propósito de englobarlos en uno solo, para efectos del presente trabajo en lo sucesivo el término *herramientas de gestión de calidad* incluirá tanto a las herramientas, como a las técnicas y métodos que contribuyen a administrarla.

Heras et al. (2009) señalan que las herramientas de gestión de calidad se clasifican en función de distintos criterios, una de las agrupaciones más conocidas es la que incluye las denominadas *siete herramientas de control de calidad* propuestas por Ishikawa. Los mismos autores refieren a un estudio, llevado a cabo por Ahmed y Hassan en el 2003, en 63 pequeñas y medianas empresas en las que se concluye que existe una reducida utilización de dichas

herramientas y que son las empresas con mayor utilización las que obtienen mejores resultados, independientemente de su tamaño.

Además hay que señalar que la utilización de herramientas de gestión de calidad tiene una secuencia, y que se avanza en la medida en la que se desarrolla el Sistema de Gestión de Calidad que la empresa haya adoptado. En el siguiente capítulo se abordarán más detalles del tipo de herramientas comunes para llevar a cabo tanto los procesos como los proyectos en el entorno de la industria de la construcción, y la elección de un conjunto que será la base del diagnóstico a realizar en el Valle de Toluca y el Distrito Federal. Pero antes, se presentan las conclusiones del capítulo.

f. Conclusiones

Como se puede observar hay un amplio número de factores que inciden en la calidad de los proyectos de construcción. Sin embargo, a pesar de que en México se tiene conciencia de la importancia de este sector en la economía nacional, son muy pocos los esfuerzos por mejorar la calidad de sus trabajos. Más aun, en el ámbito académico nacional son muy pocas las publicaciones que tratan el tema.

Entre los factores que afectan la calidad, presentados en este capítulo, se podría pensar en que el de más difícil control es el factor humano, debido a que los participantes de los proyectos tienen una gran variedad de antecedentes culturales y profesionales. Sin embargo, actitudes como el poco compromiso de los trabajadores con la organización y su cultura de calidad, puede atenderse involucrando a los participantes activamente, de manera que comprendan el propósito de las iniciativas de calidad que se emplean en las empresas, además de que se reconozcan sus esfuerzos por emplearlas.

El resto de los aspectos presentados que pueden mejorarse son la participación global de las empresas constructoras, proveedores, sector privado y diversos niveles de gobierno. A través de mejores condiciones de competencia entre empresas constructoras, así como mejores condiciones de financiamiento entre otros.

Sin embargo, las empresas deben comenzar con la mejora continua de la calidad de sus productos, entendiendo las necesidades de sus clientes, trasladándolas a la concepción de los proyectos; asegurando que esas necesidades se cumplan en la construcción de los proyectos. Los autores del presente trabajo consideran que las herramientas de gestión de calidad son poderosas para la solución de problemas de calidad, pero las constructoras deben tener conocimiento de ellas para poder aplicarlas adecuadamente. Así, en el siguiente capítulo se abordarán con mayor profundidad.

II. HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

a. Introducción

La utilización de herramientas de gestión de la calidad en la industria de la construcción de los países desarrollados ha demostrado ser un aspecto relevante de las actividades de mejora continua, ya que son instrumentos que ayudan a completar tareas o resolver problemas. Por ello en este capítulo, se dará un breve resumen de diversos estudios que se han realizado con el paso del tiempo, donde varios autores han dado a conocer variados tipos de herramientas que han sido utilizados o propuestos para la mejora de la gestión de calidad. Así mismo, se explicará la clasificación de los grupos de herramientas que serán utilizados en este estudio, y se dará una descripción de éstas.

Se reitera que las diferencias en el alcance de las herramientas, técnicas, métodos y metodologías están bien definidos, pero en este trabajo de investigación son considerados como sinónimos, por lo que de ahora en adelante sólo se utilizará el término "herramientas".

b. Estudios Previos

En virtud de que la industria de la construcción ha generado gran impacto en la economía de México, se cree firmemente que las empresas de este segmento de mercado que tratan de mejorar sus prácticas se pueden beneficiar con los resultados de la investigación aquí reportada.

Para poner en contexto la importancia de la calidad en el sector, hay que recordar que durante la década de 1990 Canadá, EE.UU. y México empezaron a prepararse para el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), que finalmente fue firmado en 1994. El principal objetivo de la disposición era crear un mercado combinado con más de 400 millones de personas, donde la tecnología, bienes y servicios podrían ser transferidos entre las tres naciones, por medio del comercio y la inversión extranjera directa (Tadashi 2010). En este entorno, las organizaciones de construcción mexicanas que deseen aprovechar las oportunidades que plantea el TLCAN y competir en los mercados actuales que son más abiertos que los previos a 1994, deben emprender esfuerzos para mejorar su competitividad

en el futuro. En la literatura existen estudios que se han realizado en países desarrollados, que reporta el uso de herramientas enfocadas a mejorar las prácticas de calidad (Delgado and Aspinwall 2005, Fotopoulos and Psomas 2009), sin embargo en las regiones en vías de desarrollo los estudios similares son todavía escasos. Para ello, se realizó una encuesta en México para determinar tanto el nivel de uso como la importancia percibida de una muestra de herramientas para la gestión de la calidad.

Debido a las incertidumbres que existen en el sector (natural, organizacional, laboral y contractual), es conveniente aplicar herramientas de administración que les permitan a las compañías controlar y eventualmente mejorar sus prácticas. Según Yasamis et al. (2002), las tareas de administración se pueden clasificar en dos niveles: corporativo y proyecto. El segundo, a su vez, incluye el producto y el servicio. En el presente trabajo se estudiarán las herramientas destinadas al proyecto, pues se considera éste un enfoque más práctico en contraste con el que se tendría para el nivel corporativo, relacionado con la cultura, la implementación de políticas, asociaciones y empoderamiento por nombrar algunos, y que normalmente son utilizados por los altos directivos.

Como lo menciona Chamoun (2007), todo proyecto que busca ser exitoso, necesita ser entregado bajo presupuesto, a tiempo y con las especificaciones establecidas por el cliente. Adicionalmente, la calidad es un punto clave a considerar en el proceso de construcción. Por lo tanto existe la necesidad de aplicar herramientas de gestión para mejorar las operaciones en la industria. Por ejemplo, en el contexto de la industria manufacturera, algunas directrices prácticas para aplicar las mismas se pueden encontrar en Yusof y Aspinwall (2000) y Dale (2007).

En la literatura de la construcción, varios autores han hecho hincapié en la importancia de la calidad. Así, han propuesto algunos aspectos que la definen en el sector como el cumplimiento de especificaciones, sus dimensiones en las obras de infraestructura enfatizando durabilidad, confiabilidad y estética (Arditi and Gunaydin 1997, Yasamis, Arditi et al. 2002, Heravitorbati, Coffey et al. 2011, Chinweude O. 2013). Las herramientas que se han aplicado con resultados alentadores van desde encuestas a los clientes hasta métodos

más formales como la Función para Desplegar Calidad (QFD) (Delgado and Aspinwall 2007). Con estas ideas en mente, en la siguiente sección se presentan algunas herramientas de gestión útiles para el sector.

c. Clasificación

Antes de discutir las herramientas que serán analizadas en este apartado, es importante insistir en la originalidad del estudio, ya que las investigaciones sobre el tema en la industria de la construcción mexicana hasta la fecha han recibido mucha menos atención que en otras naciones (Delgado and Aspinwall 2007). En un esfuerzo por localizar referencias en la materia, los autores encontraron un estudio reciente llevado a cabo en el país (Gonzalez, Zaragoza et al. 2010) que destacó que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en el mercado de la construcción dedican la mayor parte de sus esfuerzos a calcular los costos, prestando poca atención a la planificación de sus proyectos. Esto es probablemente debido al fuerte énfasis que los contratistas dan al proceso de licitación, relacionado con aspectos económicos, minimizando la importancia de la seguridad, la calidad y otros aspectos técnicos (Wan, Hakim et al. 2006).

Al parecer, la situación no se limita a México. En el extranjero, la industria ha sido criticada por la mala calidad de sus proyectos, en relación no sólo con sus productos, sino también con los procesos utilizados durante las etapas de diseño y construcción (Marasini and Quinnell 2010). Esto revela que hay oportunidades para el uso de herramientas de gestión, mismas que han sido consideradas como un factor importante de éxito en los proyectos constructivos (Heravitorbati, Coffey et al. 2011). A pesar de esto, algunos administradores consideran que su aplicación implica gastos adicionales. Quizás no estén totalmente conscientes de que los costos de no-conformidades pueden ser mucho mayores (entre el 5-10% del total de la producción de una empresa) que aquellos necesarios para la operación de programas de mejora formales (Manjarréz 2001, Polat, Damci et al. 2011).

No hay aparente consenso acerca de las herramientas que podrían ser consideradas como exclusivas para la gestión de la calidad. Bossert (1991) menciona tanto las siete básicas como las siete nuevas herramientas de planificación para la mejora. Tague (2005) sugirió más de

100 que van desde las encuestas, listas de control, toma de muestras y diagramas de Gantt hasta el uso de QFD. Levy (2007) recomendó la utilización del método de la ruta crítica (CPM), Kerzner (2009) el uso de la ingeniería concurrente (CE) y la técnica de evaluación y revisión de proyectos (PERT), y Gupta y Kumar (2014) el uso de 5Ss (clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina).

Tras una revisión exhaustiva de la literatura se encontró una gran variedad de herramientas que han sido propuestas y utilizadas para la mejora de la gestión de la calidad en la industria de la construcción. Sin embargo, con el fin de limitar el alcance del estudio, se utilizará la clasificación de herramientas propuesta por Delgado y Aspinwall (2005). Entonces, los grupos de herramientas que se contemplan son:

- Necesidades del cliente,
- Organización de necesidades,
- Métodos formales,
- Planeación y programación,
- Control de calidad,
- Medidas de desempeño y
- Tecnología.

Estos grupos fueron investigados en el Reino Unido hace una década, y ahora se emplearán como base para el estudio mexicano. Cabe destacar que la lista no es exhaustiva, ni tiene la intención de ser exclusiva de herramientas de gestión de mejora. Muestra los métodos más comúnmente utilizados que podrían ser benéficos en el sector de la construcción para fomentar la mejora continua. La mayoría de ellos fueron encontrados en la literatura relacionada con el tema de calidad.

Cada uno de los grupos que se presentaron anteriormente contempla a su vez una serie de herramientas, de las cuales se da una breve descripción en la Tabla 2.1 Además, en el Anexo B se podrán encontrar diversas definiciones de dichas herramientas y puntos de vista de diversos autores. En seguida se presentan los grupos considerados.

Tabla 2.1 Herramientas para mejorar la calidad. Adaptado de (Delgado 2006)

Grupo	Herramienta	Descripción
1	Encuestas a los clientes	Cuestionario que se envía a una muestra representativa de clientes con la finalidad de averiguar cuáles son sus necesidades.
	Entrevistas personales	Reunión cara a cara para determinar necesidades del cliente.
	Entrevistas telefónicas	Comunicación vía telefónica para averiguar las necesidades del cliente
	Lluvia de ideas	Reunión con varios clientes en la que estos expresan espontáneamente sus ideas y necesidades.
2	Grupos de enfoque	Similar a la lluvia de ideas con la diferencia de que un líder dirige la sesión siguiendo un protocolo previamente definido.
	Diagramas de Afinidad	Representación gráfica de las necesidades del cliente haciendo uso de grupos con características similares. Esta tabla es un ejemplo.
	Diagramas de árbol Diagramas de Matrices	Otra representación gráfica que hace uso de ramas. Tabla en la que se asocian las necesidades de los clientes con características técnicas de un producto o servicio.
3	Función para Desplegar calidad (QFD)	Metodología para desarrollar productos y servicios que cubren y en ocasiones sobrepasan las expectativas del cliente.
	Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)	Colección de estrategias para resolver problemas que no tienen solución conocida.
	Ingeniería concurrente (CE)	Enfoque sistemático en que un equipo multidisciplinario lleva a cabo actividades de diseño y producción simultánea para reducir el tiempo en que un producto llega al mercado.
4	Enunciar la misión del proyecto o empresa	Misión en un enunciado que establece los propósitos de la empresa o proyecto para que todos los participantes tengan claro lo que pretende alcanzarse.
	Diagrama de Barras de Gantt	Representación gráfica de las actividades que se requieren para llevar a cabo un proyecto que considera la duración de las mismas.
	Método Ruta Crítica (CPM)	Representación gráfica de las actividades que se requieren para finalizar un proyecto que muestra la dependencia entre ellas.
	Redes PERT Trabajo en equipo	Combinación del diagrama de barras y del método de la ruta crítica. Integración de dos o más personas con un objeto en común.
5	Leyes y Reglamentos	Estatutos a los que la empresa debe someterse para poder vender productos y ofrecer servicios.
	Listas de verificación	Lista que contiene aspectos útiles y repetitivos que deben revisarse antes de asegurar que un producto o servicio tiene calidad.
	5 "S" (Housenkeeping)	Enfoque en el que se mantiene el lugar de trabajo en orden. La 5"s" proviene del idioma inglés y significa: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.
	Inspección	Revisión por parte de los trabajadores o supervisores para asegurar la calidad.
	Muestreo	Uso de varios productos seleccionados al azar para verificar que cumplen con los estándares de calidad requeridos.
	Auditorías de calidad	Revisión, por parte de un tercero, de las prácticas de calidad dentro de una empresa.
	Relación con contratistas y/o proveedores	Alianzas con compañías que han demostrado la capacidad de proveer productos y servicios que cubren con los estándares de calidad demandados.

Tabla 2.1 (Continuación) Herramientas para mejorar la calidad. Adaptado de (Delgado 2006)

Grupo	Herramienta	Descripción
6	Encuestas de Satisfacción del Cliente	Cuestionarios que se distribuyen entre los clientes de un producto o servicio para determinar qué tan satisfechos están con su calidad.
	Quejas	Notas que los clientes hacen llegar a la empresa, expresando motivos de descontento.
	Litigios	Disputas legales en las que el cliente demanda a la empresa por no haber cumplido con sus expectativas, generando conciencia de las causas que lo ha provocado. A mayor número de litigios, menor satisfacción de los clientes.
	Análisis del Objetivo de cada departamento	Técnica que sirve para verificar que no hay repetición de tareas entre departamentos. Los resultados pueden conducir a la eliminación de departamentos que no añaden valor a las operaciones de la empresa.
7	Software Planeación	Herramientas de cómputo que facilitan la planeación de un proyecto. (ej. Primavera, ms project)
	Software diseño	Herramientas de cómputo que facilitan el diseño de un producto. (ej. Autocad)
	Software cálculo	Herramienta de cómputo que agiliza los cálculos durante el desarrollo de un producto. (ej. Sap 2000)
	Red de computadoras	Conjunto de computadoras conectadas entre sí que permiten compartir información. (ej. E-mail)

NOTA:

Los números de los grupos de herramientas tienen el siguiente orden:

[1] Necesidades del Cliente, [2] Organización de necesidades, [3] Métodos Formales, [4] Planeación y Programación, [5] Control de calidad, [6] Medidas de desempeño y [7] Tecnología.

i. Necesidades del cliente

El primer grupo de herramientas se ha diseñado para recoger los requerimientos de los usuarios. Las encuestas permiten la compilación de importantes cantidades de datos por medio de muestreos; el propósito de las entrevistas personales y telefónicas es descubrir las motivaciones, sentimientos y actitudes de los clientes. Las lluvias de ideas permiten la generación de nuevos conceptos por medio del pensamiento creativo, a través de grupos de discusión que son útiles para la producción de nuevas soluciones. En los grupos de enfoque, un conjunto seleccionado de usuarios son dirigidos por un moderador con el fin de determinar las posibles mejoras que se podrían agregar a un producto (nótese que en la industria de la construcción las carreteras, presas y edificios constituyen los productos) (Delgado and Aspinwall 2005).

ii. Organización de necesidades

El segundo grupo de herramientas está dirigido a la clasificación de las necesidades del cliente. Los diagramas de afinidad proporcionan una metodología para la agrupación de

ideas, lo que permite organizarlas en estructuras lógicas. Similarmente, los diagramas de árbol contribuyen a la estructuración de ideas mediante jerarquías, mientras que los diagramas de matrices se utilizan para relacionar las necesidades del cliente con especificaciones técnicas.

iii. Métodos Formales

Las herramientas que se clasifican como métodos formales se estructuran en enfoques que ayudan a considerar la calidad en los productos desde las etapas de pre-diseño y diseño. La Función para Desplegar Calidad (QFD) es una técnica que ayuda a traducir la voz de los clientes en productos que verdaderamente satisfacen sus necesidades. La teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ) se centra en varias herramientas que ayudan a resolver situaciones que no tienen solución conocida o cuya solución predecible genera otros problemas. Por otro lado, la ingeniería concurrente es un enfoque que ofrece a las empresas la oportunidad de disminuir el tiempo entre la concepción de un producto y su lanzamiento, mediante la ejecución paralela de las etapas implicadas en el proceso de desarrollo de productos.

iv. Planeación y programación

Las técnicas de planificación, como su nombre indica, son útiles para prever los recursos necesarios como dinero, personas, equipo, materiales y tiempo para desarrollar los proyectos de construcción. Enunciar la misión del proyecto permite conocer desde el principio su propósito fundamental; los diagramas de barras de Gantt son gráficos que muestran las fechas de inicio y finalización para cada actividad, lo que facilita el seguimiento de avances. El método de la Ruta Crítica (CPM) y las Redes (PERT) permiten a los planificadores ordenar las actividades con base en sus interdependencias, considerando además variabilidad en sus tiempos de ejecución. También permiten hacer el cálculo de la duración mínima del proyecto y poner de relieve la importancia de las actividades críticas para evitar retrasos. El trabajo en equipo promueve la mejora de las actividades por medio del aprovechamiento de las habilidades y conocimientos de las personas, y el Análisis del objetivo de cada Departamentos (DPA) establece la eficacia de las divisiones organizacionales y el nivel de contribución que tienen para cumplir con las metas de la compañía.

v. Control de calidad

Las herramientas que se presentan en el cuadro de control de calidad tienen el propósito principal de verificar que se cumpla con las normas de calidad y los requisitos legales. Las leyes y reglamentos deben ser atendidas en todas las etapas del proceso de construcción, pues son normas obligatorias para poder obtener los permisos correspondientes; las listas de verificación incluyen las características más importantes para el proceso de control de calidad y son una guía útil para estandarizar las revisiones; las 5”Ss” promueven un ambiente de trabajo que es cómodo y ordenado para todos los empleados. La inspección y supervisión se utilizan para poner de relieve los problemas y tomar las acciones correctivas necesarias oportunamente, y son las herramientas que tradicionalmente han permitido controlar la calidad en la industria; el muestreo es una metodología de prueba que puede ser aplicada para controlar y asegurar la calidad de los materiales de construcción. Las auditorías de calidad evalúan el sistema de calidad dentro de una empresa o proyecto, y por último la relación con los contratistas y/o proveedores promueve las alianzas a largo plazo con la finalidad de que se satisfagan las normas de calidad aplicables.

vi. Medidas de desempeño

Las medidas de desempeño están dirigidas a medir la eficacia de las iniciativas de calidad. La satisfacción del cliente se mide a través de encuestas que pueden proporcionar evidencia del nivel de complacencia que los usuarios tienen con respecto al producto acabado. Las quejas se refieren al nivel de insatisfacción que los clientes experimentan con el producto, y pueden proporcionar información útil para mejorar aspectos de los proyectos futuros. Los litigios están relacionados con problemas jurídicos que se derivan de la insatisfacción del cliente con el producto final por no cumplir con el contrato acordado.

vii. Tecnología

Aunque podría parecer que la tecnología no está directamente relacionada con el tema, puede ser considerada como una herramienta de calidad, dado que su uso dentro de la industria de la construcción es un aspecto importante a considerar ya que su empleo frecuente puede conducir a la estandarización y la mejora en la comunicación. Los programas computacionales que están disponible para ayudar tanto en las tareas de planificación y en las etapas de diseño

incluyen: análisis de elementos finitos, análisis de costos unitarios y programación de obras. El uso de una red de computadoras puede ayudar a mejorar la comunicación dentro de los equipos (Poolton and Barclay 1998), por lo que también se ha considerado en el estudio..

d. Conclusiones

En este capítulo se han presentado diversas herramientas que se consideran útiles para mejorar la calidad de los productos y servicios de la construcción. Puesto que existen varios métodos que pueden cumplir la misma función, la idea de clasificarlos ha sido el objetivo de esta sección. De esta forma, en el capítulo siguiente se presentan los resultados del diagnóstico llevado a cabo tanto en el Valle de Toluca como en el Distrito Federal, revelando la frecuencia de uso e importancia percibida de las herramientas bajo análisis.

III. DIAGNÓSTICO DEL USO DE HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN EL VALLE DE TOLUCA Y EL DISTRITO FEDERAL

a. Introducción

El uso de herramientas de gestión de calidad en la industria de la construcción en los países desarrollados ha demostrado ser un aspecto relevante de las actividades de mejora continua. Para establecer si ocurre lo mismo en México, se realizó un estudio empírico en la industria de la construcción nacional, para evaluar tanto el nivel de uso como el de importancia percibida de este tipo de herramientas. En el presente capítulo se describirá el instrumento de recolección de datos utilizado para llevar a cabo la investigación, el cual es similar a uno utilizado en la industria de la construcción del Reino Unido que se aplicó hace una década (Delgado and Aspinwall 2005). En él, se incluyeron más de treinta herramientas, tal y como se discutirá en breve.

Así mismo, se presentarán los hallazgos de la investigación, iniciando con la descripción del perfil de los participantes, en paralelo con las iniciativas de calidad que reportaron haber implementado. También se determinará la influencia del sistema de calidad ISO 9001 en los niveles de uso e importancia percibida. Para saber si el instrumento es confiable y válido, se resumirán los resultados de los análisis estadísticos correspondientes.

b. Instrumento de recolección de datos

Para determinar la amplitud de uso y la importancia percibida de las herramientas de gestión que se presentan en la Tabla 2.1, del capítulo 2, se realizó la encuesta en un conjunto de constructoras operando en la región central de México. Así, los encuestados potenciales se distribuyeron a lo largo de la zona de interés y el cuestionario resultó ser una forma efectiva para llegar a ellos. Derivado del estudio realizado en el Reino Unido, se aprovechó la versión original en inglés del instrumento de recolección, el cual fue traducido al español para que los participantes dentro de las organizaciones mexicanas pudieran participar en la investigación. La versión final en castellano se encuentra en el anexo C.

El cuestionario incluía las cuatro secciones, como lo describen Delgado y Aspinwall (2005), es decir: (i) información general de la empresa, (ii) iniciativas de calidad que se han implementado dentro de las organizaciones, (iii) niveles de uso e importancia percibida de las herramientas referidas (mediante una escala Likert de 5 puntos de 1 = muy bajo, hasta 5 = muy alto), y (iv) algunas preguntas para investigar el compromiso de la dirección general de las empresas.

El contenido final del instrumento y su formato se finalizaron después de realizar una prueba piloto en cuatro compañías. La encuesta fue dirigida al Director General, quien tiene una visión completa de la organización, y puede transferir el instrumento al colaborador apropiado si fuera necesario. De esta forma, se fijó un periodo de dos semanas para la fase de recolección de datos (1 a 15 julio, 2014), después del cual se enviaron algunas cartas recordatorias a las empresas, con el fin de aumentar la tasa de respuesta.

c. Población y selección de la muestra

Los encuestados, como ya se anunció, estuvieron distribuidos en el Valle de Toluca y el D.F, una región que ha llegado a representar casi el 10% del PIB de México en el sector de la construcción (INEGI 2010). En términos del número de cuestionarios distribuidos, se siguieron los pasos propuestos por Burns y Bush (2001) para el cálculo del tamaño de la muestra (n). Entonces, se utilizó la fórmula $n = z^2s^2/e^2$, en la que un valor de $z = 1.96$ fue seleccionado como el valor normal estándar para un nivel de confianza del 95 % convencional; la desviación estándar, s , se estimó como 0,65 (con base en su método) y un error esperado, e , de $\pm 20\%$ fue elegido (basado tanto en el juicio de los autores como en las restricciones económicas, ya que disminuirlo implica la recolección de más encuestas). Esto dio lugar a un valor de 40 (es decir, 40 respuestas eran suficientes para los fines analíticos perseguidos). Dado que la tasa de respuesta esperada para este tipo de encuestas oscila entre 20% y el 40% (Futrell 1994), al menos 200 cuestionarios debían difundirse.

Como resultado, 200 empresas del Valle de Toluca y el D.F. fueron seleccionadas de una base de datos con la que se contaba en la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma del Estado de México. Los criterios de selección fueron los siguientes: i) aproximadamente

la mitad de las empresas habían participado recientemente en proyectos de construcción, ii) las empresas se distribuyeron en el Valle de Toluca y la Ciudad de México homogéneamente, y iii) aproximadamente la mitad de las empresas estaban certificadas por la ISO 9001: 2008.

d. Resultados

Después de difundir los 200 cuestionarios, se recibieron 72 respuestas, de las cuales sólo 50 se pudieron emplear en el análisis. Los otros 22 participantes no completaron el ejercicio a tiempo o la información registrada no parecía coherente o estaba incompleta. Esta tasa de respuesta del 25% se encuentra dentro del rango esperado de 20-40% (Futrell 1994). Después de haber probado el instrumento para identificar posibles sesgos (Armstrong and Overton 1977), se concluyó que no los hubo. En consecuencia, se recabó información valiosa sobre el uso actual de las herramientas de gestión dentro de la industria de la construcción mexicana.

El perfil de los encuestados reveló que, en términos de tamaño, el 68% de las empresas participantes podrían ser consideradas como PYMEs, mientras que el resto correspondían a grandes empresas. Como era de esperar, los encuestados estuvieron distribuidos de forma homogénea en el Valle de Toluca (60%) y en la Ciudad de México (40%). Con respecto a las principales etapas del proceso de construcción en el que participaban las empresas, el 74% estuvieron involucradas en la fase de construcción, el 58% en proyectos de diseño, 54% en las actividades de anteproyecto, 48% en los procesos de licitación (concurso) y el 46% en la entrega de obra. Los resultados calculados con el programa SPSS 20 (IBM 2011) se muestran en la Tabla 3.1, donde la suma excede el 100%, ya que hubo firmas que se dedicaban a más de una actividad.

Tabla 3.1. Distribución de las empresas según las etapas dentro del proceso de construcción

Etapas	% De Compañías
Anteproyecto	54%
Diseño	58%
Concurso	48%
Construcción	74%
Entrega de Obra	46%
Total (Compañías)	50

Con respecto a las iniciativas de calidad implementadas, mientras que el 52% no había adoptado enfoque alguno, el 40% de los encuestados se habían certificados con la norma ISO 9001: 2008, casi la mitad de ellos a partir de 2011; 18% estaban certificados con la norma ISO 14001; y un porcentaje similar había implementado otros sistemas como el de Salud y Seguridad que corresponden a la norma OHSAS 18001: 2007, y sólo el 8% a la norma mexicana para las pruebas y calibración de laboratorios (equivalente a la norma ISO 17025: 2005).

Por otra parte, el 90% de las empresas certificadas con la norma ISO 9001 habían puesto en práctica la participación de los empleados como practica para mejorar la calidad, en contraste con el 40% de las no certificadas. Con respecto a los programas de cambio cultural, el 35% de las firmas certificadas con ISO 9001, lo había puesto en práctica como un aspecto clave de su sistema de calidad (Wan, Hakim et al. 2006). Antes de presentar los resultados más representativos de la tercera sección del instrumento, se describe ahora el proceso de validación del cuestionario.

i. Validación del instrumento de la encuesta: fiabilidad y validez de la prueba

A pesar del hecho de que ya había sido validado en el estudio anterior del Reino Unido (Delgado and Aspinwall 2005), se decidió repetir el ejercicio con los datos de México, debido a que se realizaron ligeras modificaciones en la ubicación de las herramientas como resultado de la prueba piloto. Específicamente, la herramienta de “Análisis del Objetivo de Cada Departamento” se trasladó del grupo de planeación y programación, al de medidas de desempeño. Así, para llevar a cabo el análisis, se siguieron los pasos de la investigación anterior. Luego, haciendo uso del alfa de Cronbach, se midió la consistencia interna y la confiabilidad del instrumento, que volvieron a ser confirmadas ya que todos los valores excedieron el valor mínimo de $\alpha=0.6$ (Black and Porter 1996). La Tabla 3.2 resume los resultados del análisis de la consistencia interna.

Tabla 3.2. Resultados consistencia interna (n=50)

No.	Grupo	No. de Elementos	Alpha evaluada
1	Necesidades del cliente	5	0.727
2	Organización de necesidades	3	0.811
3	Métodos formales	3	0.878
4	Planeación y Programación	5	0.762
5	Control de calidad	7	0.835
6	Medidas de desempeño	4	0.617
7	Tecnología	4	0.679

Total: 31

En esencia, el coeficiente contribuye a identificar el grado en que los elementos de un factor están correlacionados entre sí. De esta forma, cuando se tienen valores cercanos al cero, su valor mínimo, se puede concluir que la interacción entre ellos es baja. En contraste, cuando se acerca a uno, su máximo, se determina que es alta. En el presente estudio, los valores oscilaron entre 0.617 y 0.878, lo cual revela niveles que van de un nivel medio a alto.

El instrumento también se sometió a una prueba de validez, que contribuye a determinar si el contenido incluido en el cuestionario es adecuado o debe modificarse (Brewer and Hunter 1989). Los resultados del análisis factorial demostraron que era válido en cuanto a su construcción. La Tabla 3.3 presenta los resultados del análisis factorial, donde se observa el coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin para determinar si la muestra era adecuada supera el valor mínimo de 0.5 (Brah, Tee et al. 2002).

Tabla 3.3. Resultados del análisis factorial (n=50).

Grupo	Herramientas	Kaiser-Meyer-Olkin KMO	Rango por grupo	Eigenvalor	% Varianza explicada por grupo
1	Necesidades del cliente	0.738	0.649-0.769	2.419	48.39
2	Organización de necesidades	0.713	0.844-0.867	2.178	72.59
3	Métodos formales	0.702	0.840-0.930	2.420	80.68
4	Planeación y programación	0.694	0.665-0.796	2.587	51.74
5	Control de calidad	0.822	0.661-0.836	3.811	54.45
6	Medidas de desempeño	0.661	0.506-0.838	1.960	48.99
7	Tecnología	0.709	0.378-0.848	2.269	56.72

De esta manera, se concluyó que el instrumento empleado era adecuado para el caso mexicano, tal y como lo había sido en el británico. Con estas ideas en mente, se procede en la siguiente sección a la descripción de los hallazgos de la investigación.

ii. Herramientas de gestión de calidad: uso e importancia percibida

Uno de los principales objetivos del estudio era determinar en el país la amplitud de uso de las herramientas de gestión de mejora analizadas. Además, se pidió a los participantes que indicaran la importancia percibida de cada una. Después de calcular las medias para ambos aspectos, se jerarquizaron los siete grupos de herramientas. Los resultados se muestran en la Tabla 3.4.

Como se puede apreciar, los grupos de Tecnología, Control de Calidad y Planificación son los más utilizados, y también son los considerados como más importantes, con puntuaciones que van de "moderado" a "alto" (en la escala de Likert). Por el contrario, los grupos Necesidades del cliente, Organización de Necesidades y Métodos Formales resultaron ser los tres menos usados y considerados menos importantes. El resultado está en el mismo rango con lo reportado hace una década en el Reino Unido por Delgado y Aspinwall (2005). Esto podría significar que las empresas del sector tienden a utilizar herramientas similares, independientemente de su nacionalidad.

Tabla 3.4. Promedio del Uso e Importancia percibida de las Herramientas (n=50)
[1=Muy bajo; 2=Bajo; 3=Moderado; 4=Alto; 5=Muy alto]

GRUPO	Uso [compañías]	Promedio Uso	Jerarquía	Promedio Importancia	Jerarquía
Necesidades del cliente	42	2.68	5	3.07	5
Organización necesidades	33	2.14	6	2.43	6
Métodos formales	22	1.27	7	1.71	7
Planeación y programación	44	3.34	3	3.60	3
Control de calidad	44	3.45	2	3.77	2
Medidas de desempeño	38	2.94	4	3.37	4
Tecnología	44	3.63	1	3.80	1

El grupo de Tecnología se destacó como el más utilizado e importante ya que las herramientas disponibles para el sector de la construcción se vuelven más accesibles cotidianamente. Algunas de las principales ventajas de la implementación de este tipo de

herramientas son: la normalización de datos, cuantificaciones mejoradas, y la disminución de desperdicios. También es posible enriquecer la comunicación entre los miembros del equipo de diseño y construcción. Por otro lado, las categorías de control de calidad y planificación también se encontraron al inicio de la lista ya que aspectos tales como las leyes y reglamentos, relación con contratistas y/o proveedores, inspección, diagramas de Gantt y el trabajo en equipo se han utilizado tradicionalmente en el sector de la construcción.

Vale la pena señalar que las herramientas para las Necesidades de los Clientes y Organización de las Necesidades del Cliente, y los llamados Métodos Formales quedaron al final de la lista en ambos casos. Sus resultados oscilaron entre 1.27 para el uso, y 1.71 para la importancia percibida es decir, 'muy bajo' y 'bajo', respectivamente. De hecho, más de la mitad de las empresas (56%) señalaron que no habían usado los métodos formales incluidos en la investigación. El resultado es consistente con el estudio realizado anteriormente en Reino Unido (Delgado and Aspinwall 2005).

A pesar de que los tres métodos, QFD (John, Smith et al. 2014, Raut and Mahajan 2015), TRIZ (Teplitskiy and Kourmev 2005, Zhang, Mao et al. 2009) y la Ingeniería Concurrente (Anumba and Kamara 2012), se han utilizado con éxito en el sector, las empresas mexicanas parecen no ser conscientes de sus beneficios. Tal vez se requiere más información en México sobre su utilización y ventajas para motivar su uso en la práctica.

iii. Pruebas de diferencias entre medias

En general, las empresas participantes dieron puntuaciones más altas a la importancia percibida que a los niveles de uso. Con el fin de determinar si las diferencias eran significativas o no, se realizaron tres comparaciones. La primera se basa en la muestra completa y las otras dos se fundamentan en las organizaciones certificadas con la norma ISO 9001 y los que no están certificados por ella. Las siguientes hipótesis se evaluaron utilizando un nivel de 5% de significancia.

(a) Para la prueba de una diferencia significativa entre las medias de uso y la importancia percibida:

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$, es decir, no hay ninguna diferencia significativa entre las medias;

$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$, es decir, hay una diferencia significativa entre las medias.

(b) Para la prueba de una diferencia significativa en términos de uso entre las empresas certificadas con ISO 9001 y las que no lo están:

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$, es decir, no hay una diferencia significativa entre el uso de las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas;

$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$, es decir, hay una diferencia significativa entre el uso de ISO 9001 entre empresas certificadas y los que no han sido certificadas.

(c) Para la prueba de una diferencia significativa en cuanto a la percepción del nivel de importancia reportado por las compañías reconocidas por la norma ISO 9001 y las que no han sido certificadas:

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$, es decir, no hay diferencia significativa entre los niveles percibidos;

$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$, es decir, hay una diferencia significativa entre los niveles.

Mientras que la primera hipótesis se evaluó por medio de una prueba t de student de muestras independientes, las otras dos se validaron a través de una prueba t de comparación ordinaria. En los tres casos, se empleó de nuevo el programa SPSS 20 (IBM 2011) para llevar a cabo el análisis.

Los resultados para la muestra completa indican que, a excepción del grupo de Tecnología, hubo diferencias significativas en todos los casos. Los resultados se resumen en la Tabla 3.5. Esto demuestra que la importancia percibida por los encuestados para casi todas las categorías de estudio no se ha puesto en acción, es decir, las empresas conocen la importancia de estas herramientas de gestión, pero no las están aplicando.

Tabla 3.5. Resultados y comparación de la muestra para el uso y la importancia percibida (5% Nivel de Significancia, n=50)

Grupo	Promedio de uso	Promedio de Importancia	Probabilidad de que las medias sean iguales	t _{calc}	Resultado
Organización necesidades	2.14	2.43	0.008	-2.748	Sig
Métodos formales	1.27	1.71	0.009	-2.711	Sig
Planeación y programación	3.34	3.60	0.002	-3.200	Sig
Control de calidad	3.45	3.77	0.000	-4.389	Sig
Medidas de desempeño	2.94	3.37	0.001	-3.481	Sig
Tecnología	3.63	3.80	0.054	-1.973	No Sig

En cuanto al efecto de la norma ISO 9001 en los niveles de uso, las cifras revelaron diferencias significativas en dos categorías: Necesidades de los clientes y Métodos Formales. La necesidad de las empresas certificadas para demostrar el uso de herramientas de gestión, podría explicar este resultado. Como puede verse en la Tabla 3.6, las empresas certificadas con ISO 9001 tienen un uso moderado [3.16] del primer grupo de herramientas, mientras que sus contrapartes no certificadas reportaron un bajo nivel de uso [2.35]. Las medias fueron mucho más bajas para los Métodos Formales, con 1.78 y 0.93, correspondientes a niveles bajos y muy bajos para las organizaciones certificadas y no certificadas, respectivamente.

Tabla 3.6. Comparación ordinaria de promedios, de las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas para el uso (5% Nivel de Significancia, n_{ISO 9001}=20 y n_{NON ISO 9001}=30)

GRUPO	PROMEDIO DE USO		Probabilidad de que las medias sean iguales	t _{calc}	Resultados
	ISO 9001	NO ISO 9001			
Necesidades del cliente	3.16	2.35	0.005	2.913	Sig
Organización de necesidades	2.65	1.80	0.007	1.854	Not Sig
Métodos formales	1.78	0.93	0.041	2.100	Sig
Planeación y programación	3.29	3.37	0.797	-0.258	Not Sig
Control de calidad	3.56	3.38	0.563	0.582	Not Sig
Medidas de desempeño	3.21	2.76	0.101	1.670	Not Sig
Tecnología	3.78	3.53	0.386	0.875	Not Sig

Para la última hipótesis, no se encontraron diferencias significativas entre las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas. Esto indica que las empresas, estén o no certificadas, son conscientes de la importancia de los grupos de herramientas consideradas

en la investigación. Los resultados se resumen en la Tabla 3.7. En la categoría de tecnología el resultado no sólo fue idéntico, sino también el más alto, lo que indica que estas herramientas son en general pertinentes para la industria. Se llevaron a cabo más análisis para identificar otras diferencias significativas. Los valores resultantes se presentan en la Tabla 3.8

Tabla 3.7. Comparación ordinaria de promedios, de las empresas certificadas con ISO 9001 y las no certificadas para la importancia percibida (5% Nivel de Significancia, $n_{ISO\ 9001}=20$ y $n_{NON\ ISO9001}=30$)

GRUPO	PROMEDIO DE USO		Probabilidad de que las medias sean iguales	t_{calc}	Resultados
	ISO 9001	NO ISO 9001			
Necesidades del cliente	3.35	2.88	0.186	1.342	Not Sig
Organización necesidades	2.75	2.22	0.259	1.143	Not Sig
Métodos formales	2.13	1.43	0.160	1.428	Not Sig
Planeación y programación	3.48	3.69	0.553	-0.597	Not Sig
Control de calidad	3.86	3.71	0.657	0.446	Not Sig
Medidas de desempeño	3.39	3.36	0.915	0.107	Not Sig
Tecnología	3.80	3.80	1.000	0.000	Not Sig

Tabla 3.8. Comparación de las medias (de uso - [u] e importancia percibida- [ip]) para muestras independientes

No.	Herramientas	Grupo 1	Promedio Grupo 1	Grupo 2	Promedio Grupo 2	P-value
1	Medidas de desempeño [pi]	Las empresas cuya actividad principal es la construcción	4.88	Las empresas cuya actividad principal no es la construcción	3.31	0.039
2	Tecnología [u]	Empresas que principalmente interviene en la fase de licitación	3.26	Empresas que participan principalmente en cualquier otra etapa	3.46	0.018
3	Tecnología [pi]		2.89	2.98	0.041	
4	Tecnología [u]	Las empresas involucradas principalmente en la etapa de diseño	4.03	Empresas que participan principalmente en cualquier otra etapa	3.06	0.000
5	Tecnología [pi]		4.15	3.32	0.015	
6	Necesidades del cliente [pi]	Las empresas cuya actividad principal es la supervisión	3.59	Las empresas cuya actividad principal no es la supervisión	2.85	0.048
7	Planeación y programación [pi]		4.29		3.31	0.006
8	Planeación y programación [u]		3.84		3.13	0.035

Tabla 3.8. (Continuación) Comparación de las medias (de uso - [u] e importancia percibida- [ip]) para muestras independientes

No.	Herramientas	Grupo 1	Promedio Grupo 1	Grupo 2	Promedio Grupo 2	P-value
9	Medidas de desempeño [pi]	Las empresas cuya actividad principal es la supervisión	3.88	Las empresas cuya actividad principal no es la supervisión	3.15	0.023
10	Tecnología [pi]		4.45		3.52	0.011
11	Tecnología [u]		4.17		3.39	0.010
12	Necesidades del cliente [u]	Las empresas certificadas con la norma ISO 14001	3.36	Las empresas no certificadas con la norma ISO 14001	2.53	0.027
13	Organización de necesidades [u]		3.52		1.84	0.004
14	Necesidades del cliente [u]	Las empresas que han establecido un departamento de calidad	3.10	Las empresas que no han establecido un departamento de calidad	2.32	0.009
15	Necesidades del cliente [pi]		3.51		2.66	0.012
16	Control de calidad [u]		3.81		3.12	0.020
17	Planeación y programación [u]	Las empresas que han desarrollado estrategias para la calidad total	3.68	Las empresas que no han desarrollado estrategias para la calidad total	3.03	0.039
18	Control de calidad [u]		3.82		3.10	0.016
19	Métodos formales [u]	Las empresas con más de 15 años implementando iniciativas de calidad	0.00	Las empresas con menos de 15 años implementando iniciativas de calidad	1.09	0.002

Como puede observarse, se encontraron diferencias para el uso en las herramientas del grupo de Organización de Necesidades, en las empresas certificadas con la norma ISO 14001 y las que no contaban con el certificado. En la importancia percibida, se hallaron diferencias en las Medidas de desempeño, en empresas cuya actividad principal es la construcción y aquellas que se dedican a otras actividades. Lo mismo ocurrió en el uso de Métodos Formales entre las organizaciones con más de 15 años implementando iniciativas de calidad y las que tienen menos experiencia.

Vale la pena señalar que la categoría de Tecnología apareció en prácticamente un tercio de los casos con diferencias, mostrando que las organizaciones tanto de diseño como de supervisión han hecho más uso de ellas que el resto de las empresas. En el otro extremo se encuentra el grupo de control de calidad que sólo apareció dos veces. Al parecer, las

empresas que o bien han creado un departamento o bien han desarrollado estrategias de calidad explotan con mayor frecuencia este tipo de herramientas que aquellos que no las tienen.

iv. Compromiso de la alta directiva con las herramientas de gestión de calidad

La última sección del cuestionario fue diseñada para conocer el compromiso de la dirección con las herramientas. Los resultados revelaron que el 100% de las empresas participantes consideraron que la calidad de sus productos y servicios podrían ser mejoradas por medio de ellas. Por otra parte, el 98% de los directivos encuestados estaban comprometidos con la calidad. Este es un resultado alentador ya que uno de los primeros pasos para la mejora es la adopción de una variedad de herramientas de gestión, en la que los líderes juegan un papel clave. Además, el 86% de las organizaciones reconocen los esfuerzos de los equipos de trabajo, mientras que el 84% lo hizo para los individuos. El reconocimiento es uno de los principales motivadores reportado por Herzberg et al. (2010), quienes sostienen que los trabajadores motivados tienden a ser más productivos y a ofrecer un mejor servicio a los clientes, dando lugar a beneficios para sus empresas. Por último, pero no menos importante, se encuentra la capacitación. 80% de las empresas encuestadas mencionaron que sus empleados han recibido formación en cualquiera de las herramientas analizadas, lo que se puede interpretar como un sinónimo de compromiso de la dirección.

e. Conclusiones

Con excepción del grupo de Tecnología, las seis categorías analizadas presentaron diferencias significativas entre el uso y los niveles de importancia percibida. Esto revela que las empresas participantes conocen la importancia de las herramientas de gestión estudiadas, pero no las han puesto en práctica.

En esta línea de pensamiento, también fue posible comparar los puntos de vista de las empresas certificadas con la norma ISO 9001 y aquellas no certificadas. En el evento, sólo dos grupos de herramientas, Organización de Necesidades y los Métodos Formales, fueron más utilizados en la primera clasificación que en el segundo. Otro resultado valioso es que

no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la importancia percibida para ningún grupo, es decir, todas las organizaciones participantes reconocieron su relevancia.

Por otro lado, también se llevaron a cabo otros análisis para identificar si existían más diferencias significativas. Como resultado de este ejercicio se encontró que las empresas que participan en la etapa de construcción consideran más importantes las herramientas enfocadas para las medidas de desempeño, a diferencia de las compañías que participan en otras etapas de los proyectos de construcción.

Con estos resultados en mente, se procederá en el siguiente capítulo a la presentación del sistema experto para que las empresas interesadas puedan elegir las mejores herramientas en las distintas etapas el proceso de construcción, con base en los resultados del presente estudio.

IV. SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

a. Introducción

Como se ha visto en los capítulos anteriores, el establecimiento de un sistema de calidad demanda grandes esfuerzos, por lo que no todas las empresas están dispuestas a comprometerse. Sin embargo, debido a los evidentes problemas que implica la escasa calidad de los productos y servicios del sector, es importante incentivar la instauración de prácticas de calidad, proporcionando una guía sobre qué herramientas de gestión de calidad usar.

Para ello, se usará como base el análisis de cada una de las herramientas consideradas anteriormente. Así, en este capítulo, se describe el desarrollo del sistema experto para la selección de herramientas de gestión de calidad. Este sistema genera como resultado recomendaciones sobre qué herramienta de calidad se podría implementar en un proyecto de construcción, de acuerdo a ocho criterios; de los cuales el usuario debe jerarquizar los tres más importantes, según las condiciones particulares de su empresa. Estos toman en cuenta la cultura organizacional de la constructora, y los recursos con los que dispone. Además de los ocho criterios, también se considerarán otros factores de elección como el tipo de tarea y la etapa del proyecto en la cual se pretende utilizar la herramienta de gestión de calidad. Sin más preámbulo, se procede ahora con la explicación de un sistema experto.

b. Sistemas expertos

Un sistema experto es un programa de computación, construido en forma modular, con una base de conocimientos, que contiene la experiencia e información sobre un tema de un grupo de expertos, y un módulo de inferencias que deriva en conclusiones útiles para la toma de decisiones. A partir de la base de conocimientos y un sistema de interfaces, el usuario puede manejar e interrogar al sistema en forma fácil, útil y amena (Lara 2012).

Los sistemas expertos son capaces de razonar siguiendo pasos comparables a los que sigue un especialista. Por ello, cuando se comienza a crear un programa de este tipo, se debe

comenzar por el reconocimiento de expertos que tengan los conocimientos a emplear (Reyes 2004).

De esta forma, el sistema experto debe ser capaz de realizar las siguientes tareas:

- Aceptar las consultas que el usuario realice acerca de una situación dada del mundo real.
- Aceptar los datos proporcionados por el usuario acerca de esta situación, y solicitar otros datos que el sistema estime relevantes.
- Procesar esta información, en busca de una respuesta a la consulta planteada.
- Emitir la respuesta hallada, que debe ser análoga en la mayor parte de los casos a la respuesta que daría un experto humano.
- Justificar la respuesta finalmente emitida, siempre que el usuario así lo solicite.

Para la creación del sistema experto que se propone en el presente trabajo la base de conocimientos será representada por el conjunto de herramientas de calidad descritas en el capítulo 2. Se considera que su utilización podría ser favorable en el sector de la construcción, al fomentar prácticas de mejora continua que conducen a productos y servicios de mayor calidad.

Por otro lado, el motor de inferencias del sistema, que se encarga de las operaciones de búsqueda y de selección está representado por una matriz de evaluación, en la cual se valora el grupo de herramientas de gestión de calidad de acuerdo a la etapa de construcción y al tipo de tarea para la cual se emplearán, así como una valoración multicriterio. En los siguientes apartados se describirán las bases y componentes del sistema experto desarrollado, así como su funcionamiento y la interfaz del usuario.

c. Etapas de un proyecto de construcción

En esta sección se describirán las etapas de un proyecto de construcción, así como sus características y tareas asociadas. De igual manera se presentan sus productos finales, que servirán como marco para que el sistema experto emita un resultado de selección.

Aunque no hay un consenso acerca del número de etapas en las que se desarrollan los proyectos de construcción, para el desarrollo del sistema experto se tomará como referencia el Modelo de ciclo de vida de un proyecto de construcción propuesto por Morris (1981). Básicamente consta de cuatro etapas: Factibilidad, Planeación y Diseño, Producción y Puesta en marcha (ver Figura 4.1), así como el Modelo de Austen y Neale (1984), el cual, a diferencia del primer modelo da un peso importante a la etapa de Licitación, pues implica la preparación y revisión meticulosa de documentos para definir los aspectos que el contratista deberá cumplir y en qué términos los cumplirá.

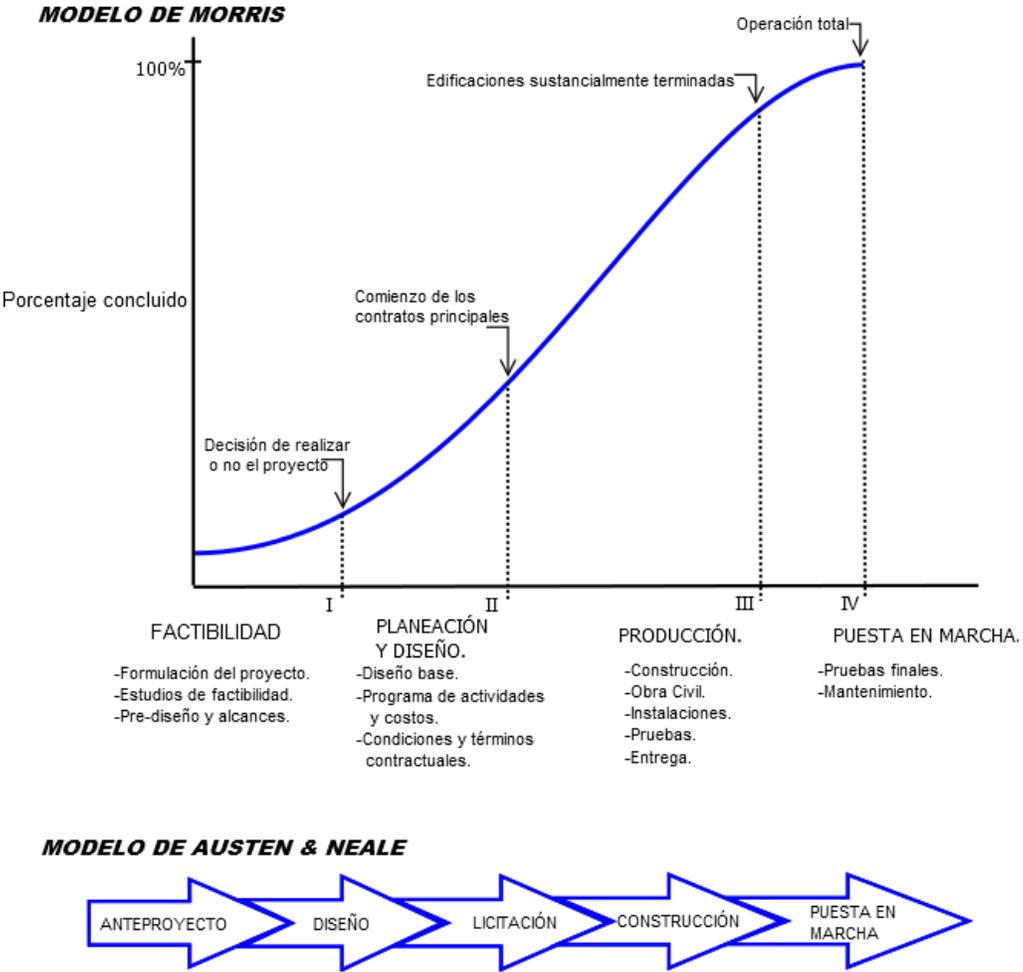


Figura 4.1. Etapas de un proyecto de construcción. Fuente (Morris 1981) y (Austen and Neale 1984).

Los modelos mostrados en la Figura 4.1 involucran las etapas tradicionalmente aceptadas en la industria de la construcción mexicana y no contemplan etapas posteriores como la

disposición final, el abandono o el desalojo. De esta manera, en la Figura 4.2 se muestran las etapas consideradas en el desarrollo del sistema experto. En la etapa de Anteproyecto se agrupan los procesos de Identificación de la problemática, Prediseño y Estudios de Factibilidad, al considerarlos importantes y con fuerte relación para incluirlos en la etapa de Anteproyecto.

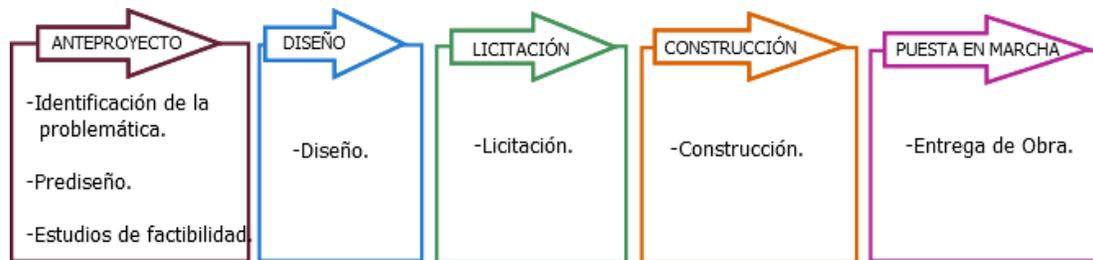


Figura 4.2 Etapas de un proyecto de construcción considerados en el sistema experto para selección de herramientas de gestión de calidad (Elaboración propia):

En seguida se presenta la descripción de cada una de las etapas mostradas en la Figura 4.2, para posteriormente continuar con la presentación del sistema objeto del capítulo.

i. Anteproyecto

Como se mencionó, el anteproyecto está conformado por tres procesos, que incluyen:

➤ Identificación de la Problemática

Un proyecto comienza con la necesidad de atender una problemática ya sea de escasez de agua potable en una comunidad, deficiente articulación en una red de carreteras, necesidad de espacio en un edificio de oficinas o en una casa habitación.

El propósito de esta etapa es el estudio de la situación actual que conlleva a la problemática. Entonces, es preciso conocer las características específicas, sus causas y los aspectos que lo rodean y que pueden ser importantes en el momento de buscar una solución a través de un proyecto.

La identificación del problema constituye un ejercicio complejo en la preparación de un proyecto, dada la cantidad de variables interrelacionadas que afectan su contexto. Su definición clara y precisa es un requisito esencial para alcanzar el impacto deseado y resolverlo. En la Tabla 4.1 se muestran algunas de las herramientas ya analizadas, que se consideran útiles para esta parte del proceso.

Tabla 4.1. Relación entre la Identificación de la Problemática y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).

Aspectos a considerar en este proceso	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso
-Definir cuáles son los elementos esenciales del problema.	-Encuestas a los clientes -Entrevistas personales
-Aspectos socioeconómicos, políticos, ambientales y/o tecnológicos relacionados con el problema.	-Lluvia de ideas -Grupos de enfoque -Diagramas de afinidad
-Población afectada y área geográfica de influencia.	-Diagramas de árbol -Diagramas de matrices
-Causas y consecuencias que han generado el problema.	-Enunciar la misión del proyecto o empresa -Trabajo en equipo
-Antecedentes de la evaluación del problema.	-Leyes y reglamentos -Listas de chequeo
-Dificultades al enfrentar el problema.	-Red de computadoras

➤ Prediseño

Después de haber identificado la problemática, se conceptualiza el proyecto. En el anteproyecto o ingeniería básica, se establecen las ideas y definiciones del proyecto, se realizan además un conjunto de estudios que definen los aspectos técnicos esenciales que permiten la consecución del proyecto, pues serán los pilares para la ingeniería de detalle (etapa de diseño) (SCT 2013).

El propósito será proporcionar una primera imagen global del proyecto y establecer un avance general del presupuesto del proyecto. Las características a considerar se agrupan en:

-Funcionales: se establecen las especificaciones que satisfagan las necesidades de los usuarios en términos de comodidad de la edificación, facilidad de mantenimiento, facilidad de uso, eficiencia energética y adaptación con el medio ambiente, entre otros.

-Constructivas: incluye el dimensionamiento espacial, propuesta de elementos arquitectónicos, planos a escala, sistemas estructurales, electromecánicos, constructivos, materiales y equipo entre otros.

-Técnicas: considera los estudios geotécnicos, hidrológicos, de tránsito, o bien de áreas más especializadas necesarias para la concepción del proyecto.

-Económicas: involucran la estimación de costos, de manera general.

-Programáticas: implican la determinación de qué operaciones se requieren, cómo se deben ejecutar, qué acciones deberán tomarse y quienes serán los responsables de la ejecución de cada una de ellas (Serpell and Alarcón 2003). Así, es posible realizar una estimación de un programa de obra.

En la Tabla 4.2 también se muestran algunas herramientas valiosas para soportar las tareas de esta fase del proyecto.

Tabla 4.2 Relación entre el Prediseño y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).

Aspectos a considerar en este proceso	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso.
-Funcionales	-Encuestas a los clientes
	-Entrevistas personales
-Constructivas	-Entrevistas telefónicas
	-Lluvia de ideas
-Técnicas	-Grupos de enfoque
	-Diagramas de afinidad
-Económicas	-Diagramas de árbol
	-Diagramas de matrices
-Programáticas	-Función para desplegar calidad (QFD)
	-Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)
	-Ingeniería concurrente (CE)
	-Enunciar la misión del proyecto o empresa
	-Diagrama de barras de Gantt
	-Método de la Ruta Crítica (CPM)
	-Redes (PERT)
	-Trabajo en equipo
	-Leyes y reglamentos
	-Listas de chequeo
	-5Ss (Housekeeping)
	-Inspección
	-Satisfacción del cliente
	-Análisis del objetivo de cada departamento
	-Software de diseño
	-Software de cálculo
	-Red de computadoras

➤ Estudios de factibilidad

En esta parte del proceso se determinará la conveniencia de realizar el proyecto. Para tal propósito se evalúan los principales beneficios y costos en el supuesto de que el proyecto se llevara a cabo. Las valoraciones que se realizan son en los siguientes términos:

- Económicos: esta valoración requiere la estimación de los costos así como de la cuantificación monetaria de los beneficios, los cuales se calculan por diferentes métodos dependiendo del tipo de proyecto y la experiencia del profesional que la realiza. Independientemente del método utilizado en la evaluación, la decisión de hacer o no el proyecto se basa en que los beneficios sean mayores que los costos durante su vida útil, aplicando una tasa mínima de rendimiento. Además es conveniente realizar un análisis de sensibilidad para identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto.
- Técnicos: considera la existencia de los materiales, mano de obra, equipo y tecnología necesaria para llevar a cabo el proyecto.
- Sociales: garantiza que el proyecto satisfaga las características de la población beneficiada.
- Ambientales: consideran un estudio donde se analizan y describen las condiciones ambientales previas a la realización del proyecto, con la finalidad de evaluar los impactos potenciales que la construcción u operación de dichas obras podría causar al ambiente, de tal forma que se puedan definir y proponer las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones (SEMARNAT 2015).

Al igual que antes, en la Tabla 4.3 se pueden observar las herramientas con potencial de uso en el proceso de análisis de factibilidad.

Tabla 4.3 Relación entre los Estudios de Factibilidad y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso (no se presentan en un orden específico).

Valoraciones a realizar en este proceso.	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en este proceso.
-Económicos	-Encuestas a los clientes
	-Entrevistas personales
-Técnicos	-Lluvia de ideas
	-Grupos de enfoque
-Sociales	-Diagramas de matrices
	-Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)
-Ambientales	-Ingeniería concurrente (CE)
	-Enunciar la misión del proyecto o empresa
	-Trabajo en equipo
	-Leyes y reglamentos
	-Listas de chequeo
	-Muestreo
	-Quejas
	-Litigios
	-Red de computadoras

ii. Diseño

Para completar la etapa de conceptualización del proyecto y habiendo decidido realizarlo, se procede a determinar el diseño definitivo, los métodos de construcción y la estimación detallada de costos y tiempos de ejecución. Se preparan los planos y especificaciones, así como los documentos necesarios para la etapa de licitación. De hecho, la influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica como técnicamente es importante.

Este proceso es multidisciplinario por el aporte de diferentes especialidades (diseño arquitectónico, estructural, instalaciones, obras de drenaje, pavimentos, etc.), de manera que uno de los problemas generados en este proceso es que cada especialidad “acomoda” sus elementos de acuerdo a las condiciones más favorables para su diseño, con poca o ninguna atención a los requerimientos de las otras disciplinas (Riquelme 1991). Razón por la cual es una fase que necesita ser planeada y controlada eficientemente, para evitar caos e improvisación, problemas de mala comunicación, falta de documentación, información de entrada ausente o deficiente, desequilibrada asignación de recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones (Freire and Alarcón 2001).

La pobre definición de las necesidades del cliente, en ocasiones causada por la incapacidad de externarlas de forma explícita y clara, ocasiona que el diseñador no pueda entenderlas y le sea imposible dar una solución adecuada. Dado que a diferencia del anteproyecto, los productos de la fase de diseño serán fundamentales para la fase de construcción, se debe prestar especial atención en recolectar y comprender las necesidades de los clientes; considerando el proceso de diseño como un flujo de información entre el cliente y las diferentes disciplinas participantes.

De acuerdo a Freire y Alarcón (2001) en un estudio de cuatro proyectos de diseño en una empresa constructora, la etapa de recolección de la información representa los mayores tiempos de espera, tiempo en que los trabajadores no pudieron ejecutar su trabajo. Para mitigar tales retrasos propusieron la aplicación de herramientas de mejoramiento como: coordinación interactiva (posibilidad de diseñar simultáneamente), creación de una base de datos accesible para todos a través de Intranet, listas de chequeo antes y después del diseño, mapa de flujo de valor, aplicación de la metodología QFD y la constante capacitación; dichas herramientas fueron determinantes para reducir los tiempos al producir planos y documentos comunes. En la Tabla 4.4 se observan las herramientas relevantes aquí.

Tabla 4.4 Relación entre la etapa de Diseño y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).

Tareas a considerar en esta etapa	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en esta etapa.
-Recolectar y analizar las necesidades del cliente.	-Entrevistas personales -Lluvia de ideas -Grupos de enfoque
-Realizar un registro de cambios en los diseños, de manera que todos los integrantes del equipo tengan conocimiento de ellas.	-Diagramas de afinidad -Diagramas de árbol -Diagramas de matrices -Función para desplegar calidad (QFD) -Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)
-Cumplir normas y reglamentos aplicables a tipo de proyecto.	-Ingeniería concurrente (CE) -Enunciar la misión del proyecto o empresa -Trabajo en equipo -Leyes y reglamentos -Listas de chequeo -5Ss (Housekeeping) -Inspección, Muestreo -Auditorias de calidad -Satisfacción del cliente, Quejas -Análisis del objetivo de cada departamento -Software de diseño, Software de cálculo -Red de computadoras

iii. Licitación

En esta etapa se realiza la presentación de las ofertas que las empresas constructoras realizan para que el cliente decida quien llevará a cabo el proyecto.

El término licitación es utilizado principalmente en el sector de la construcción pública; a diferencia de los contratos de construcción privada, que normalmente se rigen por otro tipo de acuerdo (contrato) que surge entre las dos partes contratantes (contratista y cliente).

De acuerdo con López (1999), el proceso de licitación presenta las siguientes características:

- Es un procedimiento, en virtud de que se compone de una serie de actos regulados por normas administrativas.
- Este procedimiento tiene como objetivo escoger a la persona física o moral, con la cual la administración pública habrá de celebrar un contrato determinado.
- La selección se hace sobre quien haya ofrecido las condiciones más ventajosas, para la administración pública.

Según la CMIC (2013) un aspecto que genera problema en esta etapa, es que en muchos casos, se solicitan demasiados requisitos y no son claros, lo que limita la participación de las empresas y genera inconformidades en los procesos de licitación.

Al elegir al ofertante de mayor conveniencia económica y técnica, se firma el contrato, el cual es un documento legal en el que se describen las obligaciones y responsabilidades de ambas partes (contratista y cliente). Sin embargo, otros documentos son los necesarios para definir detalladamente lo requerido por el cliente y lo que el contratista está obligado a realizar. Ejemplo de ellos son planos, especificaciones técnicas, programas de ejecución de actividades, utilización de maquinaria y equipo, así como la programación del personal a utilizar.

Consecuentemente, es indispensable que los documentos que se solicitan desde la convocatoria hasta la firma del contrato sean preparados con extremo cuidado, especialmente los utilizados en la presupuestación y programación del proyecto, pues serán los documentos

base para que se lleve un adecuado control en la fase de construcción. En la Tabla 4.5 se muestran las herramientas valiosas durante la licitación.

Tabla 4.5 Relación entre la etapa de Licitación y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).

Tareas a considerar en esta etapa	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en esta etapa.
-Asegurar la participación de contratistas y proveedores que garanticen tiempos de entrega y buena calidad en materiales y mano de obra.	-Grupos de enfoque -Diagramas de afinidad -Ingeniería concurrente (CE) -Enunciar la misión del proyecto o empresa -Diagrama de barras de Gantt
-Tener un registro de los requerimientos solicitados en la licitación de obra (permisos de obra, seguros, otros documentos financieros, entre otros).	-Método de la Ruta Critica (CPM) -Redes (PERT) -Trabajo en equipo -Leyes y reglamentos -Listas de chequeo
-Realizar la presupuestación y programación, apegados a precios y rendimientos reales.	-5Ss (Housekeeping) -Inspección -Relación con contratistas y/o proveedores -Análisis del objetivo de cada departamento -Software de planeación -Software de cálculo -Red de computadoras

iv. Construcción

La etapa de construcción es probablemente la más costosa y demandante del proceso. Al exigir mayor movilización de recursos financieros, materiales y de personal, es necesario que la empresa constructora asegure la disponibilidad de los mismos, habiendo hecho una correcta programación y llevando a cabo un adecuado control.

Algunas acciones importantes para controlar la calidad del proyecto en esta etapa son:

- El equipo de gestión debe supervisar el trabajo para garantizar el cumplimiento de las normas de calidad así como de los requerimientos legales, dentro de los límites de tiempo y costos, y dentro de un marco humanitario básico de seguridad y salud de los trabajadores (Austen and Neale 1984).
- Control de materiales (muestreo) y equipos de construcción.

- Establecer formatos para monitoreo constante del avance de la obra, hojas de recepción y salidas de materiales, así como flujos de efectivo. Con la finalidad de poder corregir a tiempo los programas de ejecución.
- Inspección de trabajos de campo.
- Llevar un registro donde se asienten los detalles del desarrollo de las tareas, identificando aquellas que generaron trabajos adicionales, que presentaron retrasos, que representaron errores en etapas precedentes y aquellas que fueron originadas por el cliente; con la finalidad de obtener retroalimentación en las áreas correspondientes dentro de la empresa (Pimentel 2010).
- Realizar auditorías internas.
- Sitios de trabajos limpios y seguros, para aumentar la productividad, apoyados en técnicas como las 5´s.
- Evaluación de subcontratistas y proveedores en el cumplimiento en tiempo y calidad, para considerarlos en próximos proyectos.
- Administración del personal de campo, proporcionándoles garantías de trabajo, capacitación e incentivos para evitar ausentismo que genere retrasos en el programa de obra. Se sugiere llevar un registro de evaluación para posteriores trabajos en la misma área geográfica.

En la Tabla 4.6 se muestran algunas herramientas que pueden soportar las actividades de construcción de las firmas interesadas.

Tabla 4.6 Relación entre la etapa de construcción y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).

Resumen de tareas a considerar en esta etapa	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en esta etapa.
-Adecuada supervisión de trabajos	-Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ) -Ingeniería concurrente (CE)
-Control de materiales y equipo de construcción	-Enunciar la misión del proyecto o empresa -Diagrama de barras de Gantt -Método de la Ruta Crítica (CPM)
-Monitoreo de avance de obra, recepción de entradas y salidas de materiales, así como de flujo de efectivo.	-Redes (PERT) -Trabajo en equipo -Leyes y reglamentos -Listas de chequeo
-Retroalimentación hacia todos los departamentos o equipos de trabajo participantes en el proyecto.	-5Ss (Housekeeping) -Inspección -Muestreo -Auditorías de calidad
-Sitios de trabajos limpios y seguros.	-Relación con contratistas y/o proveedores -Satisfacción del cliente
-Realización de auditorías internas.	-Quejas -Análisis del objetivo de cada departamento -Software de planeación -Software de diseño -Software de cálculo -Red de computadoras

v. Entrega

Cuando la supervisión informe la terminación de los trabajos, se deja constancia escrita de este hecho en un acta. Se proporcionará también un registro de los trabajos realizados durante la etapa de construcción, así como planos actualizados y fotografías de la obra y sus instalaciones, además de ser posible, indicaciones para el correcto uso de las instalaciones; así como cualquier otra circunstancia que se estime necesaria. En la Tabla 4.7 se observan las herramientas para esta fase.

Con relación a la aplicación de una encuesta de satisfacción al cliente, ésta debe ser formulada tomando en cuenta los aspectos relacionados con el servicio que brindó la empresa constructora durante el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, se puede evaluar la capacidad de respuesta ante dudas o quejas, el desempeño en relación con la competencia, la facilidad de comunicación entre el cliente y el gerente del proyecto, y la atención y cordialidad recibida del personal administrativo en las oficinas.

Tabla 4.7 Relación entre la etapa de Entrega y las herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse (no se presentan en un orden específico).

Resumen de tareas a considerar en esta etapa	Herramientas de gestión de calidad que pueden utilizarse en esta etapa.
-Preparación de los registros completos de los trabajos de obra.	-Enunciar la misión del proyecto o empresa -Diagrama de barras de Gantt -Trabajo en equipo
-Puesta en marcha y prueba de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, de gas, de acuerdo con el tipo de proyecto	-Leyes y reglamentos -Listas de chequeo -5Ss (Housekeeping) -Inspección
-Preparación de manuales de mantenimiento.	-Auditorias de calidad -Satisfacción del cliente
-Aplicación de una encuesta de satisfacción al cliente	-Quejas -Análisis del objetivo de cada departamento -Red de computadoras

Por otro lado, la encuesta debe considerar aspectos relacionados con el producto (edificación terminada). De acuerdo con Formoso y Jobim (2006) el cliente debe evaluar la edificación en sí, por lo que es importante tener disponible la información que haya sido recolectada al identificar las necesidades del cliente, pues el primer paso para medir la satisfacción de los clientes es conocer sus expectativas.

Habiendo descrito las etapas del proceso de construcción, en los siguientes apartados se describirán los juicios considerados al evaluar las herramientas de gestión de calidad. De igual manera se presentará la manera en que funciona el sistema experto. En dicho sistema, un aspecto a considerar para la toma de decisiones es que el usuario elija para qué etapa del proyecto empleará la herramienta de gestión de calidad. Para tal fin, se consultó a un grupo de personas con experiencia en el desarrollo de proyectos de construcción, que ayudaron a identificar qué herramientas pueden utilizarse en cada etapa de proyecto. Dichos resultados ya han sido presentados en las Tablas 4.1 a 4.7. Por facilidad de lectura y a manera de resumen, se ha construido la Tabla 4.8.

Tabla 4.8.Herramientas de gestión de calidad de acuerdo a cada etapa de un proyecto de construcción.

Grupos	Herramientas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
G1	1 Encuestas a los clientes	x	x	x				
	2 Entrevistas personales	x	x	x	x			
	3 Entrevistas telefónicas		x					
	4 Lluvia de ideas	x	x	x	x			
	5 Grupos de enfoque	x	x	x	x	x		
G2	6 Diagramas de afinidad	x	x		x	x		
	7 Diagramas de árbol	x	x		x			
	8 Diagramas de matrices	x	x	x	x			
G3	9 Función para desplegar calidad (QFD)		x		x			
	10 Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)		x	x	x		x	
	11 Ingeniería concurrente (CE)		x	x	x	x	x	
G4	12 Enunciar la misión del proyecto o empresa	x	x	x	x	x	x	x
	13 Diagrama de barras de Gantt		x			x	x	x
	14 Método de la Ruta Critica (CPM)		x			x	x	
	15 Redes (PERT)		x			x	x	
	16 Trabajo en equipo	x	x	x	x	x	x	x
G5	17 Leyes y reglamentos	x	x	x	x	x	x	x
	18 Listas de chequeo	x	x	x	x	x	x	x
	19 5Ss (Housekeeping)		x		x	x	x	x
	20 Inspección		x		x	x	x	x
	21 Muestreo			x	x		x	
	22 Auditorias de calidad				x		x	x
	23 Relación con contratistas y/o proveedores					x	x	
G6	24 Satisfacción del cliente		x		x		x	x
	25 Quejas			x	x		x	x
	26 Litigios			x				
	27 Análisis del objetivo de cada departamento		x		x	x	x	x
G7	28 Software de planeación					x	x	
	29 Software de diseño		x		x		x	
	30 Software de cálculo		x		x	x	x	
	31 Red de computadoras	x	x	x	x	x	x	x

Nota:

Grupos de Herramientas: [G1] Identificación de las necesidades del cliente, [G2] Organización de las necesidades del cliente, [G3] Métodos formales, [G4] Planeación, [G5] Control de calidad, [G6] Medidas para evaluar las iniciativas de calidad, [G7] Tecnología.

Etapas de un proyecto de construcción: [E1] Identificación de la problemática, [E2] Anteproyecto, [E3] Estudio de factibilidad, [E4] Diseño, [E5] Licitación, [E6] Construcción, [E7] Entrega.

d. Criterios de Evaluación

Para que el usuario del sistema experto tenga una respuesta favorable y lo más cercana a la situación actual en su empresa, se han considerado los criterios de selección propuestos por Delgado (2006), que resultan convenientes para el desarrollo del presente trabajo. Se trata de los siguientes ocho: costo, alcance, integración, facilidad, bibliografía, madurez, entrenamiento y requerimientos tecnológicos. Cada uno se describe a continuación.

i. Costo

Es claro que algunas de las herramientas de gestión de calidad son intangibles y sería difícil asignarles un costo monetario directo. De manera que este criterio será indirectamente evaluado a través de los requerimientos de personal, tecnología, equipo e instalaciones que su aplicación demanda. Por ejemplo, cualitativamente hablando, los recursos necesarios para llevar a cabo una auditoria de calidad, representa una inversión más amplia en comparación con las actividades de inspección.

ii. Alcance

El alcance de una herramienta es la capacidad que tiene para adaptarse a diferentes tareas en las distintas etapas de un proyecto de construcción, ofreciendo así mayores beneficios. Existen algunas de mayor alcance que otras. Por ejemplo, dentro del grupo de herramientas para la recolección de las necesidades del cliente, se preferirán los grupos de enfoque sobre las lluvias de ideas, ya que el alcance de los primeros es mayor que el de su contraparte. Por un lado, el grupo de enfoque cuenta con una metodología estructurada para reunir a un conjunto de usuarios y, a través de preguntas previamente diseñadas, permite conocer sus gustos y expectativas. Por otro lado, las lluvias de ideas se presentan en un ambiente más informal, en el cual no se deben restringir las propuestas de los participantes, mismos que posteriormente serán analizadas formalmente.

iii. Integración

Como parte de la construcción de sistemas de calidad en las empresas constructoras, es importante que se consideren aquellas herramientas que se complementen con las ya

existentes en la firma, o se puedan combinar con otras herramientas en diversos procesos, considerando también los recursos de personal, equipo, instalaciones y tecnología.

Por ejemplo, para identificar las necesidades del cliente tendrá que reflexionarse sobre la capacidad instalada en la empresa, para saber si sus instalaciones, equipos y empleados son suficientes para implementar una herramienta dada, o si es necesario contratar a un despacho externo para tal fin. Mientras mayores sean los recursos disponibles que sean afines con la herramienta por usar, mayor será su integración.

iv. Facilidad

Este criterio se refiere a lo engorroso de la aplicación de una herramienta, es decir si se presentan dificultades al recolectar los datos requeridos, seguir su metodología, así como la posibilidad de generar problemas adicionales al implementarla. Para ilustrar el criterio podría considerarse que las encuestas telefónicas son una herramienta fácil de usar para averiguar las necesidades del cliente. Sin embargo, en la obtención de información debe formularse un cuestionario bien estructurado, de forma que los datos recabados se puedan utilizar durante el desarrollo del proyecto. En contraste, aplicar un método como QFD es más laborioso que el simple hecho de levantar un teléfono y aplicar cuestionarios, ya que requiere de análisis y aplicación de técnicas cuantitativas para su empleo y, por lo tanto, de tiempo.

v. Bibliografía

Se refiere a las publicaciones disponibles, que hacen referencia a cómo emplear la herramienta en cuestión. También se relaciona con la disponibilidad de personas expertas en el tema que podrían dar asesoría a la firma. Así, la aplicación de encuestas está muy bien documentada en comparación con técnicas como el mismo QFD o TRIZ (Delgado 2006).

vi. Madurez

En este criterio se considera si el uso de una herramienta requiere de un grado de experiencia previa por parte de la empresa en materia de gestión de la calidad. Además toma en cuenta si su uso implicaría modificaciones en la estructura y cultura organizacional de la constructora.

Por ejemplo, de acuerdo con la encuesta aplicada en esta investigación, se encontró que las empresas certificadas con ISO 9001:2008 hacen amplio uso de herramientas para identificar las necesidades del cliente, en comparación con las empresas no certificadas. Esto refleja su madurez en el uso de las técnicas, resultado de su experiencia con la implantación de sistemas de gestión de calidad.

vii. Entrenamiento

Adiestrar al personal de la empresa en la utilización de herramientas de calidad es importante, por lo cual este criterio considera si es necesario contar con capacitación para su adecuado uso. En general, la necesidad de cursos para dominar su aplicación puede limitar su empleo en la práctica. De nuevo, métodos formales como QFD requieren capacitación especializada a diferencia de herramientas como el diagrama de barras de Gantt, aunque para elegir una u otra se tiene que considerar su alcance.

viii. Requerimientos

Para la selección de una herramienta es importante considerar si demandará de instalaciones, equipo y tecnología que no se encuentran disponibles en la empresa. En este orden de ideas, en la selección de un programa computacional de diseño se considerará si el equipo de cómputo con el que se dispone es compatible con dicho paquete. Así, se daría preferencia a los que no demandaran la instalación o compra de nuevos equipos.

Habiendo presentado los ocho criterios que servirán como base para la selección de las herramientas, en el siguiente apartado se presenta la evaluación de cada una con respecto a ellos.

e. Evaluación de herramientas de gestión de calidad en base a criterios

La gran cantidad de herramientas disponibles motiva el uso de los criterios para la elegir la más conveniente en función de los requerimientos del usuario. Para ello, se hace uso de un conjunto de enunciados, presentados en la Tabla 4.9. La ponderación de los enunciados se basa en la propuesta sugerida por Cohen (1995), que utiliza la escala de 9-alto, 3-medio y 1-bajo, con el propósito de hacer evidente las diferencias entre un nivel y otro.

En dichos enunciados se presentan constantemente las palabras “poco” o “mucho”, las cuales son empleadas con la finalidad de abstraer cada criterio para su evaluación; mientras que los signos [+] y [-] facilitan la asignación de puntos.

De esta manera se le atribuye el signo [+] al criterio de Facilidad, con la idea de que entre más fácil sea la aplicación de la herramienta tendrá una calificación de 9 en la escala utilizada. En el mismo sentido, el signo [-] en el criterio de Madurez, se refiere a que entre menos experiencia se tenga en la implantación de sistemas de calidad dentro la empresa, la herramienta recibirá una calificación alta.

Para ilustrar el uso de la escala y los signos utilizados, en la Tabla 4.9, se presenta el desarrollo realizado para el grupo de herramientas *Métodos Formales*. El resto de los grupos se presenta en el Anexo D.

Tabla 4.9. Enunciados utilizados para evaluar las herramientas de gestión de calidad.

Criterio	Enunciados	QFD	TRIZ	CE
COSTO [-]	Poco personal se requiere para aplicar la técnica	1	3	1
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	3	3	3
	Poca tecnología es requerida para usar el método	3	3	3
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	3	3	3
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	1	1	3
	Promedio Costo		2.2	2.6
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	3	9	9
	La herramienta ofrece muchos beneficios	3	9	9
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3	9	3
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	3	9	9
	Promedio Alcance	3	9	7.5
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	3	9	9
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	3	9	3
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9	9	9
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9	9	9
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9	9	9
	Promedio Integración	6.6	9	7.8

Tabla 4.9. (Continuación) Enunciados utilizados para evaluar las herramientas de gestión de calidad.

Criterio	Enunciados	QFD	TRIZ	CE
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	1	1	3
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	1	3	1
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	1	3	3
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	3	3	1
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	3	3	3
	Promedio Facilidad		1.8	2.6
BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	3	1	1
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	3	1	3
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	3	1	1
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	3	1	3
	Promedio Bibliografía	3	1	2
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	1	1	1
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	9	3	1
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	3	3	1
	Promedio Madurez	4.33	2.33	1.00
ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	1	1	3
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	3	1	3
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	1	1	1
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	1	1	3
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	3	3	1
	Promedio Entrenamiento	1.80	1.40	2.20
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9	3	9
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9	3	3
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9	3	3
	Promedio Requerimientos	9.00	3.00	5.00

Como se puede apreciar, todos los criterios ya han sido evaluados para cada una de las herramientas que se comparan, y los promedios que aparecen al final de cada criterio corresponden con las puntuaciones finales que para cada rubro tendrían las alternativas. Por ejemplo, en requerimientos se empleó el signo [-] porque entre menor sea la cantidad de

insumos adicionales a los ya existentes en la firma que se requieran, será mejor. Así, QFD obtuvo un promedio de 9, TRIZ uno de 3 y CE uno de 5, lo que significa que la primera alternativa necesita menos insumos, seguida de la tercera y por último TRIZ fue la menos favorecida en este criterio. Entonces, si sólo se consideraran los requerimientos, QFD sería elegida. La misma interpretación es válida para el resto de los rubros presentados. Para enriquecer el análisis, también se ha optado por jerarquizar los criterios, ya que para un usuario el costo puede ser el más importante, mientras que para otro lo puede ser el alcance. Enseguida se brindan los detalles del proceso.

f. Ponderación de los criterios

La ponderación de los criterios de selección se basa en el método “Scoring” o ponderación lineal, debido a que los criterios considerados para la toma de decisiones (selección de las herramientas de gestión a utilizar) se consideran de difícil medición. El método de ponderación lineal se basa en la asignación de pesos a los distintos criterios. Es posible acceder al procedimiento a partir de la puntuación de las herramienta por los criterios x_{ij} y de los pesos asignados w_j , así utilizando la expresión $s_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}$; donde s_i es la función del valor para cada alternativa i (herramienta), w_j el peso del criterio j y x_{ij} el valor de la alternativa i en el criterio j .

Cabe aclarar que el peso de cada criterio w_j , lo decidirá el usuario del sistema experto, al considerar un orden de importancia. De este modo, el usuario elegirá los tres criterios más importantes para tomar la decisión, asignando el valor de 8 para el criterio más importante, en virtud de que existen ocho criterios, 7 para el segundo y 6 para el tercero. El resto de los criterios tomarán el valor de 3. Al asignar las evaluaciones de esta manera se tendrá, de nuevo, una evidente diferencia entre los criterios de selección considerados por el usuario. Por otro lado, la puntuación de las herramientas con base en los criterios x_{ij} , son los valores resultantes de la evaluación descrita en el apartado anterior.

Finalmente se calcula la función de valor s_i de cada alternativa, a partir del cual se realiza una jerarquización de las herramientas. De esta manera se le sugiere al usuario la más conveniente, conforme a sus criterios de selección. Continuando con el grupo de Métodos

Formales, ejemplo desarrollado en la Tabla 4.8, en la Tabla 4.9 se presenta el desarrollo de la metodología apenas descrita. Para ello, se asume que los criterios de selección proporcionados por el usuario del sistema experto son:

- 1° criterio: Pocos requerimientos para implementar la herramienta (Requerimientos)
- 2° criterio: Que la herramienta se complemente con diversos procesos dentro de la empresa (Integración)
- 3° criterio: Que la inversión monetaria para implementar la herramienta sea mínima (Costo)

Como puede verse en la Tabla 4.10 se confirma que los puntajes 8, 7 y 6 fueron asignados a los tres primeros criterios, otorgándole 3 al resto. Además, los resultados de los promedios previamente estimados se han transcrito debajo de cada una de las herramientas, y en el renglón final se obtiene el orden de importancia. Para QFD se calculó de la siguiente manera: $6(2.20)+3(3.00)+\dots+3(1.80)+8(9.00)=173.20$, que resultó ser el mayor de los tres estimados.

Tabla 4.10. Ponderación de las herramientas de gestión de calidad.

Criterio	Peso asignado al criterio j (w_j)	QFD	TRIZ	CE
Costo	6	2.20	2.60	2.60
Alcance	3	3.00	9.00	7.50
Integración	7	6.60	9.00	7.80
Facilidad	3	1.80	2.60	2.20
Bibliografía	3	3.00	1.00	2.00
Madurez	3	4.33	2.33	1.00
Entrenamiento	3	1.80	1.40	2.20
Requerimientos	8	9.00	3.00	5.00
Peso ponderado		173.20	151.60	154.90
Orden de importancia		1	3	2

Conociendo el procedimiento para jerarquizar las herramientas, se procede ahora al desarrollo del sistema experto objeto del capítulo. Posteriormente se dará un ejemplo de su implementación práctica.

g. Desarrollo de una aplicación computacional para el sistema

Para diseñar el sistema se decidió utilizar Visual Basic para Excel, dado que se trata de una hoja de cálculo ampliamente utilizada en las empresas constructoras, y representa un medio a través del cual todas podrían tener acceso al sistema.

La manera en que el usuario se comunica con el sistema experto (interfaz) es fácil e intuitiva, y sólo necesita dar clic en determinados botones como se expresará en la sección del Manual del usuario. Al utilizar un lenguaje de programación sencillo en un ambiente de Microsoft Office, se espera que para los usuarios no represente problema ni el acceso ni la navegación en las distintas pantallas del sistema experto. Los lectores interesados, pueden consultar el código de programación desarrollado en Visual Basic para Excel, el cual se muestra en el Anexo E.

Se realizó una prueba piloto del sistema con 10 usuarios potenciales, los cuales habían participado de manera activa en proyectos de construcción. Se les pidió que interactuaran con el sistema de manera que pudieran encontrar cualquier irregularidad en el funcionamiento del mismo. Además se les exhortó a que hicieran llegar todas las observaciones relacionadas con la calidad del lenguaje de los enunciados de las instrucciones y la descripción de las herramientas que el sistema sugiere.

Gracias a su colaboración fue posible desarrollar la versión del sistema que es presentado en este trabajo. En seguida se presenta el manual para que los usuarios lo puedan emplear en la práctica.

i. Manual de usuario

Aquí se describen en forma general las características del sistema experto. El manual se compone de los siguientes apartados:

- Perfil del usuario

El sistema deberá ser utilizado, de preferencia, por los gerentes del proyecto de construcción que tengan la facultad de realizar cambios organizacionales o tomar decisiones dentro de su

compañía. Además es recomendable que conozcan las diversas etapas de proyecto en las que participa su empresa, las tareas desarrolladas en cada etapa y los criterios importantes para la selección, de acuerdo con la filosofía empresarial correspondiente.

- Objetivo

El sistema experto es una propuesta que tiene como propósito automatizar la selección de las herramientas que servirán para la gestión de calidad en las diferentes etapas de un proyecto de construcción.

- Requisitos del Sistema

Al haber sido programado en Microsoft Visual Basic para Aplicaciones (VBA), los requerimientos del sistema experto obedecen a los del sistema Office 2013. En la Tabla 4.11 se muestran las características del equipo y del sistema operativo a emplear.

Tabla 4.11. Requerimientos del sistema experto (Microsoft 2015).

Componente	Requisito
Sistema operativo	Windows 7 (32 bits o 64 bits)
	Windows 8 (32 bits o 64 bits)
	Windows 8.1 (32 bits o 64 bits)
	Windows Server 2008 R2 (64 bits)
	Windows Server 2012 (64 bits)
Equipo y procesador	Procesador de 1 GHZ
Memoria	1 GB de memoria RAM (32 bits)
	Se recomiendan 2 GB de memoria RAM (64 bits)
Espacio en disco	3 gigabytes (GB)
Resolución del monitor	1024 × 768

- Ingreso al sistema

Para acceder al sistema experto es necesario ejecutar el archivo de Excel “*SE Herramientas de Gestión de Calidad.xlsm*”. Al ejecutarlo aparece una pantalla de bienvenida, en la cual se presenta una introducción al sistema.

En dicha pantalla se deberá dar clic en el botón INICIAR, para ingresar al sistema experto. En la Figura 4.3 se muestra el texto que explica los objetivos del proyecto.



Figura 4.3 Pantalla de Bienvenida al Sistema

- **Introducción de datos**

Una vez que se ha ingresado al sistema, se desplegará la siguiente pantalla, en la cual el usuario ingresará los datos a tomar en cuenta para la elección de la herramienta de gestión de calidad. En la Figura 4.4 se observa esta interfaz, en la cual:

[1] – Se selecciona la etapa del proyecto,

[2] – Se despliega el menú de opciones, referentes al tipo de tarea para la cual se usará la herramienta, y

[3] – Se jerarquizan los criterios de evaluación por parte del usuario. Es importante que para una adecuada selección, se evite elegir un criterio más de una vez

Finalmente se tiene el botón de “enviar” [4], que permite activar el algoritmo interno del sistema experto, generando como resultado la herramienta que mejor satisfaga las necesidades del usuario.

SELECCION DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Sistema Experto para la Selección de Herramientas de Gestión de Calidad.

De acuerdo con las respuestas del siguiente formulario le sugerimos que herramienta o método de calidad utilizar para su empresa constructora.

Datos

¿En qué etapa del proyecto se encuentra actualmente?

Identificación de la Problemática Diseño Construcción

Anteproyecto Licitación Entrega de Obra

¿Para cuál de las siguientes tareas utilizará la herramienta?

Para poder sugerirle la herramienta adecuada es necesario saber que criterios de evaluación considerará al implementar el Sistema de Gestión de Calidad en su empresa.

NOTAS:

1. No elegir un criterio más de una vez.
2. La selección de los criterios corresponde al grado de importancia que usted considera. Así por ejemplo, en "1° Criterio" elija el criterio que considera más importante; en "2° Criterio" seleccionará el segundo criterio más importante.

1° Criterio

2° Criterio

3° Criterio

ENVIAR

Figura 4. 4 Pantalla para la selección de parámetros de decisión

Notar que el sistema emite el mensaje “VERIFIQUE SELECCIÓN” cuando en el apartado [2] no se ha realizado ninguna selección.

- Resultados

Después de enviar los datos que solicita el formulario descrito anteriormente, se despliega un cuadro de resultados, el cual consta de los siguientes apartados:

[1] -Nombre de la herramienta de gestión de calidad que el sistema experto ha seleccionado y recomendado.

[2] - Resumen de los criterios elegidos por el usuario, los cuales conducen a ese resultado.

[3] – Breve descripción de la herramienta, en la cual se expone una idea general de en qué consiste, así como la forma en la que aportaría en las tareas diarias de la empresa constructora.

[4] – Otra selección, al dar clic en esta opción, se desplegará la pantalla del formulario, en la que se muestran los datos de la última selección que el usuario ingresó, de manera que éste pueda realizar otra elección, modificando solo algunos aspectos.

[5] – Salir, que como su nombre lo indica, sirve para abandonar el sistema experto.

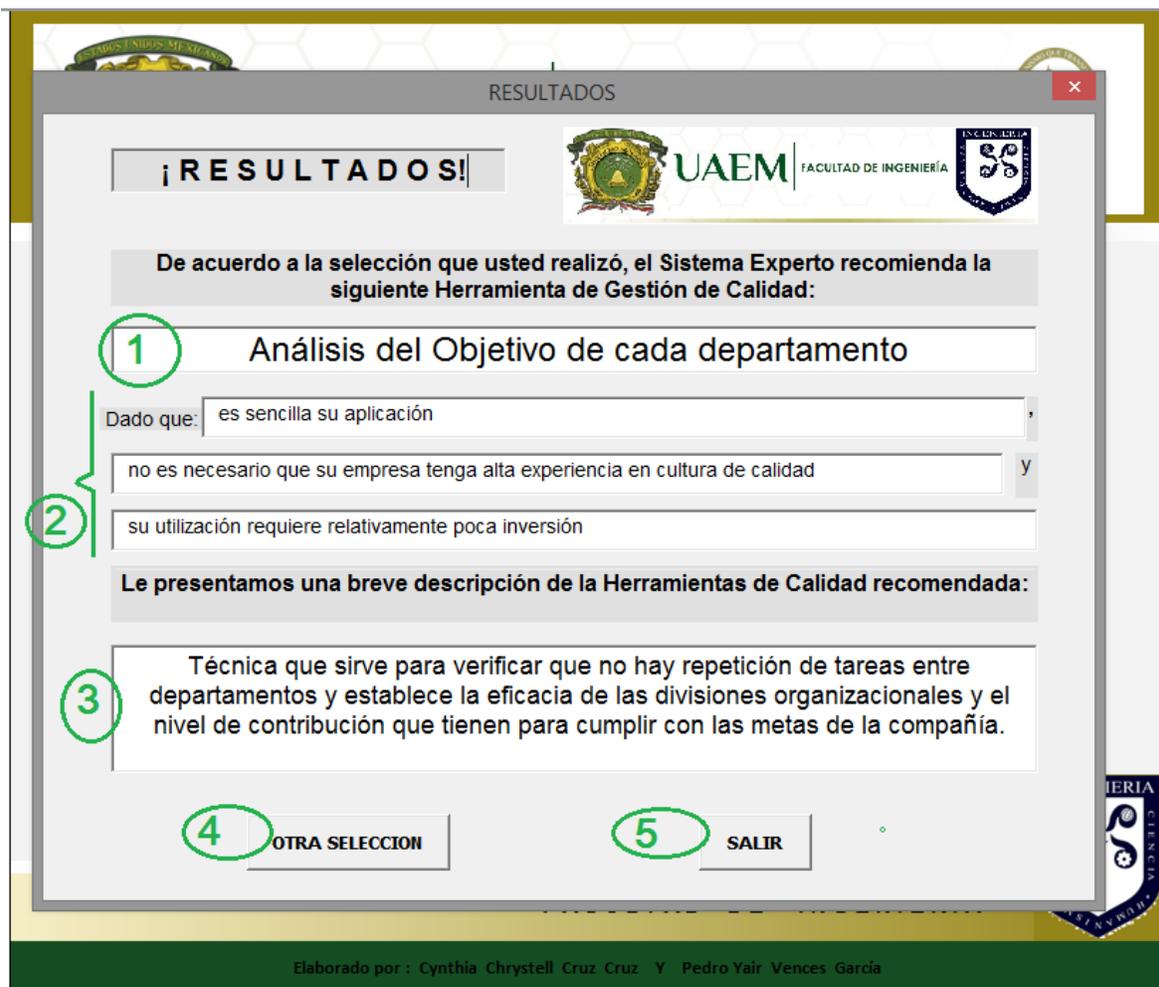


Figura 4.5. Pantalla de presentación de resultado de la consulta

ii. Ejemplos de aplicación

Para demostrar el funcionamiento del sistema experto, se presentará un ejemplo de consulta, en el cual se describirá paso por paso su uso y se realizarán algunas precisiones.

Se asume que el gerente de un proyecto que se encuentra en la etapa de construcción quiere saber qué herramientas puede implementar para controlar la calidad de los trabajos que está llevando a cabo.

Para poder elegir los criterios de evaluación, el gerente debe reflexionar sobre las condiciones en las que se encuentra su empresa constructora. Si se trata de una pequeña empresa, con pocas posibilidades para realizar una inversión económica fuerte, contratando personal que se haga cargo exclusivo de la aplicación de la herramienta, probablemente elegirá el criterio “Costo” como prioritario. De igual manera, si no dispone de las instalaciones, equipo y/o tecnología para implementarla, elegirá el criterio de “Requerimientos”. Por otro lado, al ser una pequeña empresa necesita asignar a un empleado la tarea de dar seguimiento a la aplicación de la herramienta, pero el empleado ya concentra una carga de trabajo producto de sus actividades diarias, por lo que se necesita que la herramienta sea fácil y de sencillo seguimiento. Por tal razón el criterio que elegirá será el de “Facilidad”.

Tomando en cuenta las consideraciones descritas en el párrafo anterior, el gerente del proyecto habrá llenado el formulario como se muestra en la Figura 4.6.

SELECCION DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Sistema Experto para la Selección de Herramientas de Gestión de Calidad.



De acuerdo con las respuestas del siguiente formulario le sugerimos que herramienta o método de calidad utilizar para su empresa constructora.

Datos

¿En qué etapa del proyecto se encuentra actualmente?

Identificación de la Problemática
 Diseño
 Construcción
 Anteproyecto
 Estudio de Factibilidad
 Licitación
 Entrega de Obra

¿Para cuál de las siguientes tareas utilizará la herramienta?

Control de Calidad

Para poder sugerirle la herramienta adecuada es necesario saber que criterios de evaluación considerará al implementar el Sistema de Gestión de Calidad en su empresa.

NOTAS:

- No elegir un criterio más de una vez.
- La selección de los criterios corresponde al grado de importancia que usted considera. Así por ejemplo, en "1° Criterio" elija el criterio que considera más importante; en "2° Criterio" seleccionará el segundo criterio más importante.

1° Criterio: Costo Este criterio se refiere a que usted requiere RELATIVAMENTE POCA INVERSION

2° Criterio: Requerimientos Demanda poco EQUIPO, INSTALACIONES ADICIONALES Y TECNOLOGÍA

3° Criterio: Facilidad Se refiere a la SENCILLEZ al aplicar la herramienta

ENVIAR

Figura 4.6 Ejemplo de aplicación

Al oprimir el botón “Enviar”, los resultados de la consulta le sugieren al gerente utilizar la herramienta de “Inspección” como la mejor forma de controlar la calidad de los trabajos de construcción. Esto, debido a las características de su empresa, las cuales se resumen en su selección de criterios, como se muestra en la Figura 4.7.



Figura 4.7 Resultados de la consulta. Ejemplo de aplicación

El resultado de “Inspección” puede, en principio, parecer sencillo. Sin embargo, el gerente del proyecto debe ahora hacer una crítica a la forma en la que está desarrollando sus trabajos de supervisión de obra, es decir, si estos están siendo encaminados a garantizar que la ejecución de la misma se realice de acuerdo a los planos, normas técnicas y otros documentos de los que se compone el proyecto. Es en este punto cuando deberá re-direccionar sus actividades diarias, enfocándolas al adecuado control de la calidad de los materiales, así como a los tiempos de ejecución y administración de costos de obra.

Como se puede apreciar, el sistema experto es capaz de dar una recomendación equivalente a la que daría un especialista en la materia, por lo cual se considera que es una herramienta útil para mejorar las prácticas de calidad en la industria de la construcción. Aquellos lectores interesados en su uso, pueden consultar los anexos para revisar la forma en la que fue construido, y en caso de ser necesario, adaptarlo a sus propias necesidades. Más aun, la

flexibilidad del sistema es tal, que permite “personalizar” los valores considerados para tomar en cuenta las necesidades y requerimientos de una empresa en particular. Por lo tanto, se aporta a la comunidad de la construcción un sistema con potencial amplio de ser empleado en la práctica. De esta forma, se procede ahora con las conclusiones del capítulo.

h. Oportunidades de Mejora del Sistema Experto

Como una forma de validar el alcance del sistema experto en la práctica, se realizó una evaluación con usuarios potenciales, cuya amplia experiencia en la gestión de proyectos de ingeniería civil los hizo candidatos naturales a participar en el ejercicio. El principal criterio para elegirlos fue su relación con el medio de la construcción y que contaran con conocimientos asociados con el tema. Para ello, se buscó el consejo de profesores universitarios, quienes recomendaron a tres profesionales, y se consultó a otros dos ingenieros de la práctica que habían participado en el diagnóstico de las herramientas.

En el ejercicio se les pidió que evaluaran el sistema en términos de los siguientes aspectos:

- Comprensible,
- Bien estructurado,
- Enfoque práctico, y
- Contenido acorde a las características de sus proyectos.

Además, se les cuestionó si consideraban que el sistema desarrollado favorecía el uso de las herramientas de gestión de calidad en la práctica. De esta forma, en la tabla 4.12 se presenta un resumen de las calificaciones otorgadas por los participantes del ejercicio, con base en la escala de Likert señalada al pie de la misma.

Tabla 4.12. Calificaciones obtenidas en evaluación del sistema experto.

Características	Participante A	Participante B	Participante C	Participante D	Participante E	Promedio
Comprensible	5	4	5	2	4	4
Bien estructurado	5	3	3	4	1	3.2
Enfoque Práctico	5	4	3	2	2	3.2
Contenido acorde a características de su empresa.	4	3	2	2	1	2.4

Escala de Likert empleada: 5=Totalmente de acuerdo, 4=De acuerdo, 3=Neutral, 2=En desacuerdo y 1=Totalmente en desacuerdo

En relación a la comprensión se observa que la mayoría de los participantes están de acuerdo en que la propuesta es fácil de entender. Con respecto a la estructura y al enfoque práctico del sistema experto, los participantes mantienen una posición neutral, quizás porque algunas de las técnicas incluidas, como los enfoques formales, pueden parecer muy teóricos.

En lo que se refiere al contenido, se evaluó si las características del sistema estaban de acuerdo con los proyectos de los participantes. Aquí, se obtuvo la calificación más baja, revelando que, desde su punto de vista, consideraban que el contenido se podía ampliar para satisfacer las necesidades que presentaban en sus proyectos. Esta no es una labor complicada, ya que podrían incorporarse con relativa facilidad al sistema nuevas herramientas. Sin embargo, la escases de tiempo y recursos para aplicar esa mejora impiden a los autores ponerla en práctica, ya que habría que investigar exactamente que herramientas tendrían que incorporarse y eso puede ser tema de otro estudio.

Tomando como referencia las observaciones recolectadas, es posible observar que hay oportunidades de mejora para trabajos a futuro. Entre las más relevantes están:

- Además de sugerir que herramienta utilizar, se puede proporcionar bibliografía que indique exactamente de qué manera implementarlas.
- Contemplar las normas mexicanas referentes a la gestión de calidad en la parte de reglamentos y leyes, ya que en ellas se indican distintos procedimientos para gestionar y asegurar la calidad de los productos y servicios de las organizaciones.
- Además de los ocho criterios considerados para la selección de herramientas, sería conveniente incluir el tiempo de implantación, es decir, sugerir las que sean de rápida implementación.
- Ampliar la base de herramientas en general, para cada grupo incluido en el sistema.
- Establecer de forma más específica las tareas para cada una de las etapas del proyecto.

Finalmente, se cuestionó a los cinco participantes si creían que el sistema experto favorecía el uso de las herramientas de gestión de calidad. De manera unánime consideraron que podía contribuir a aumentar su uso práctico, ya que sugiere acciones a seguir para mantener un sistema de calidad. Adicionalmente, sensibiliza a los profesionales de la industria de la

construcción para esforzarse en obtener productos y servicios de calidad, como un factor diferenciador respecto a su competencia.

i. Conclusiones

En el presente apartado se describieron los elementos tomados en consideración para desarrollar el sistema experto que permite la selección de un conjunto de herramientas de gestión de calidad. El sistema, se insiste, es presentado por los autores como una propuesta a través de la cual se espera que los encargados de proyectos de construcción puedan encontrar una guía para comenzar con prácticas de gestión de calidad en sus empresas constructoras.

El desarrollo del sistema surge de la problemática de identificar, entre un vasto número de ellas, las mejores herramientas para la gestión de calidad. Así, se otorga una solución que si bien puede considerarse como inicial, también aporta valor al proceso de toma de decisiones en la materia.

Los autores de la presente tesis, creen firmemente que se han considerado y tratado un grupo de factores importantes para la toma de decisiones sobre qué herramienta utilizar en cada etapa de un proyecto de construcción. Además, se ha desarrollado el sistema en un lenguaje sencillo y con una interfaz práctica, con base en la opinión de especialistas y después de haber superado pruebas piloto, de manera que se espera que el usuario del sistema no enfrente problemas al utilizarlo. Por último, se ha hecho una pre-evaluación con cinco especialistas que han identificado oportunidades de mejora para que el sistema pueda seguir desarrollándose en el futuro. Con estas ideas en mente, se procede a la presentación de las conclusiones finales de la investigación.

CONCLUSIONES GENERALES.

La tesis ha cumplido con los objetivos, metas y propósitos inicialmente planteados por los autores, quienes esperan que la exposición presentada sea de ayuda para las personas interesadas en el tema. No sólo eso, también se argumenta que el trabajo puede contribuir en el desarrollo de más conocimientos útiles, en lo que respecta al uso de técnicas de gestión de calidad en las empresas constructoras de México.

En este trabajo se analizaron diversas herramientas de mejora para la gestión de la calidad en la industria de la construcción mexicana, y se identificaron los niveles de uso y de importancia percibida en una población de empresas constructoras del Valle de Toluca y Distrito Federal.

En el mismo contexto, se desarrolló un sistema experto, el cual sugiere qué herramienta de gestión de calidad utilizar en función de aspectos como la etapa del proyecto que se esté desarrollando, tareas para las que se usará la herramienta, así como la jerarquización de tres criterios, los cuales toman en cuenta características de la organización.

En esencia, la hipótesis planteada: *“Las herramientas de gestión de calidad en las empresas constructoras del Valle de Toluca y Distrito Federal se emplean con poca frecuencia, a pesar de que se conocen”* se aprueba. Lo anterior, dado que las empresas participantes conocen la importancia de las herramientas de gestión estudiadas, pero no las han puesto en práctica, tal y como se reveló en el diagnóstico presentado.

De esta manera el sistema experto aportará un medio más preciso para elegir las. Además, tiene la ventaja de que ha considerado la evaluación de profesionales, quienes lo han valorado e identificado oportunidades para hacerlo más práctico en la selección de herramientas de gestión de calidad. Adicionalmente a estos puntos generales, se derivan los siguientes.

CONCLUSIONES PARTICULARES

- El 40% de las empresas en estudio están certificadas bajo la norma ISO 9001.
- Los grupos de gestión de calidad más usados dentro de las empresas constructoras certificadas bajo la norma ISO 9001 son Tecnología y Control de Calidad.
- El 86% de las organizaciones bajo análisis reconocen los esfuerzos de los equipos de trabajo, mientras que el 84% lo hace de manera individual.
- El 80% de las empresas encuestadas mencionaron que sus empleados han recibido formación en cualquiera de las herramientas analizadas, lo que se puede interpretar como un sinónimo de compromiso de la dirección.
- Dentro del sistema experto se pudo desarrollar una sección en la cual se da una breve descripción de la herramienta recomendada, de esta manera el sistema también contribuye a dar a conocer las herramientas de gestión de calidad.
- Existen por lo menos siete grupos de herramientas para gestionar la calidad.
- El análisis factorial ayudó no sólo a reubicar algunas de las herramientas de sus grupos originales, sino también a demostrar que la propuesta era apropiada
- Fue posible comparar empresas certificadas con la norma ISO 9001 en contra de las no certificadas para evaluar el impacto de la norma sobre el nivel de uso y la importancia percibida de las herramientas estudiadas. En el evento, sólo dos grupos de herramientas, Organización de las Necesidades del Cliente y los Métodos Formales, fueron más utilizados en la primera clasificación que en la segunda.
- Los grupos de Tecnología, Control de Calidad y Planeación resultaron ser no sólo los más utilizados, sino también fueron considerados como los más importantes por la muestra mexicana.
- Los grupos de Necesidades del Cliente, Organización de las necesidades del cliente y Métodos Formales, en contraste, fueron los tres menos usados y considerados como menos importantes.
- Se destaca con excepción el grupo de Tecnología, ya que fue el único que no presentó diferencias significativas entre el uso y los niveles de importancia percibida, lo que quiere decir que se conoce su relevancia y se emplea en la práctica.

El uso de herramientas de mejora en el sector de la construcción continuará atrayendo la atención profesional y académica. Los resultados presentados aquí ofrecen material para apoyar la discusión sobre el uso de las herramientas de gestión de calidad. De forma específica, este trabajo contribuye aportando un sistema para la selección de las mejores herramientas a utilizar en cada etapa de un proyecto de construcción. Se espera que los encargados de los proyectos de construcción puedan encontrar una guía útil en el sistema experto, para mejorar sus prácticas de gestión de calidad en el sector.

RECOMENDACIONES

Tomando como referencia las conclusiones previas, es posible ahora brindar un conjunto de recomendaciones para motivar el uso de las herramientas de gestión de calidad en las empresas constructoras de México.

- Es necesario incrementar su uso en las organizaciones, mediante la implementación de sistemas que faciliten su correcta selección, de acuerdo a la etapa del proyecto en que se encuentre la empresa.
- Es conveniente que las empresas que logran una certificación en materia de calidad, se sigan esforzando por brindar mejores productos y servicios a sus clientes en los actuales mercados competitivos, a través de la mejora continua y de sistemas de gestión de calidad, acordes a sus condiciones organizacionales, de infraestructura y capacidad económica.
- Es necesario incrementar el número de empresas certificadas en la zona centro del país, para que se tengan mejores servicios y productos de calidad en la industria.

TRABAJOS A FUTURO

- Poner a prueba la herramienta que sugiera el sistema experto, en un proyecto piloto, a través del cual se determine si la herramienta sugerida, resultó conveniente para mejorar la calidad de un proyecto. A partir de este resultado se puede implementar en el resto de los proyectos.
- Replicar el estudio con una muestra de empresas más grande, para poder obtener información más representativa del contexto nacional.

- Tomar en cuenta las recomendaciones dadas por los especialistas, que se resumieron en la sección h del capítulo cuatro, referentes a las oportunidades de mejora del sistema experto.

En suma, el presente estudio es uno de los primeros en determinar sistemáticamente los niveles de uso e importancia percibida de las herramientas de gestión de calidad en la industria de la construcción en la zona centro del país. Así, se ofrece una fuente de información para las empresas en la zona que aún se encuentran detrás de sus contrapartes nacionales en términos de estas prácticas. Por último, se cree firmemente que los estudios realizados en esta área serán de gran impacto, ya que todos los habitantes del país se ven afectados o beneficiados con las actividades de las empresas que se desarrollan en la industria de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA.

A

AITECO, C. (2013). "Diagrama de Matriz – Herramientas de la Calidad." 2015, from <http://www.aiteco.com/diagrama-de-matriz/>.

Anumba, C. J. and J. M. Kamara (2012). "Concurrent Engineering in Construction." *Construction Innovation and Process Improvement*: 277.

Arditi, D. and M. Gunaydin (1997). "Total quality management in the construction process." *International Journal of Project Management* 15(4): 235-243.

Arditi, D. and M. Gunaydin (1999). "Perceptions of Process Quality in Building Projects." *Journal of Management in Engineering* 15(2): 43-53.

Armstrong, J. S. and T. S. Overton (1977). "Estimating Non-Response Bias in Mail Surveys." *Journal of Marketing Research* 14(3): 396-402.

Austen, A. D. and R. H. Neale (1984). *Managing Construction Projects: a Guide to Processes and Procedures*. Geneva, Switzerland, International Labour Office.

B

Black, S. A. and L. J. Porter (1996). "Identification of the Critical Factors of TQM." *Decision Sciences* 27(1): 1-21.

Bossert, J. L. (1991). *Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach*. US, ASQC Press.

Brah, S. A., et al. (2002). "Relationship Between TQM and Performance of Singapore Companies." *International Journal of Quality & Reliability Management* 19: 356-379.

Brewer, J. and A. Hunter (1989). *Multimethod Research: A Synthesis of Styles*. US, Sage Library of Social Research.

Burns, A. C. and R. F. Bush (2001). *Marketing Research*. US, Prentice Hall.

C

Cervantes, A. (2005). *El factor humano y su incidencia en el proyecto de construcción*. Anuario 2005 - Administración y Tecnología para el Diseño. México, Universidad Autónoma Metropolitana.

Chamoun, Y. (2007). *Administración Profesional de Proyectos: La Guía*. México, Mac Graw Hill.

Chinweude O., A. (2013). "A Review of Safety and Quality Issues in the Construction Industry." *KICEM Journal of Construction Engineering and Project Management*: 7.

CMIC (2013). *Los retos de la infraestructura en México, 2013-2018*. México Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción

Cohen, L. (1995). *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*. US, Addison-Wesley Publishing Company.

CONACYT (2009). *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología.*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONOCER (2010). *Estrategias para el fortalecimiento del capital humano del sector construcción*. México, Secretaria de Educación Pública.

D

Dale, B. G. (2007). *Managing Quality*. UK, Blackwell Publishing.

De Ávila, R. J. (2015). "Sistemas Expertos." 2015, from http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/sist_expe/

Delgado, D. (2006). "Herramientas para mejorar calidad: ¡Selección!" *Adminístrate Hoy* 12.

Delgado, D. and E. Aspinwall (2005). "Improvement Tools in the UK Construction Industry." *Construction Management and Economics* 23(9): 965-977.

Delgado, D. and E. Aspinwall (2007). "Improvement Methods in U.K. and Mexican Construction Industries: a Comparison. ." *Quality and Reliability Engineering International*.

Delgado, D. (2006). *A framework for building quality into construction projects*. School of Engineering. . UK, University of Birmingham. Doctor of Philosophy.

Delgado, D. (2006). "Herramientas para mejorar calidad: ¿Cómo implementarlas?" *Adminístrate Hoy* 12.

Delgado, D. and L. Romero (2013). "Satisfacción de las necesidades del cliente en el sector vivienda: el caso del Valle de Toluca." *Ingeniería Investigación y Tecnología* 14(4): 499-509.

Dunque, E. (2005). "Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición." *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales* 15(25).

E

Enríquez, F. T. and V. G. Bosch "¿Qué es el QFD? Descifrando el Despliegue de la Función de Calidad."

F

Formoso, C. and M. Jobim (2006). "Challenges in improving customer focus in small-size house-building companies in Brazil." *Journal of Construction in Developing Countries* 11(2): 77-101.

Fotopoulos, C. and E. Psomas (2009). "The use of quality management tools and techniques in ISO 9001:2000 certified companies: the Greek case." *International Journal of Productivity and Performance Management* 58(6): 564-580

Freire, J. and L. Alarcón (2001). "Mejoramiento del proceso de diseño en proyectos " Revista de Ingeniería de Construcción 16(1): 61-71.

FUNDIBEQ, F. I. p. l. G. d. C. (2015). "DIAGRAMA DE ARBOL." from www.fundibeq.org.

Futrell, D. (1994). "Ten Reasons Why Surveys Fail." Quality Progress(April): 65-69.

G

Garvin, D. (1984). "What Does "Product Quality" Really Mean?" MIT Sloan Management Review 25-43.

Gonzalez, J., et al. (2010). "Sistema integral para la planeacion y control de proyectos para las Pymes de construccion." Grupo de Investigacion en Administracion para el diseño: 28.

Grados, J. E. and E. Sánchez (2007). La Entrevista en las Organizaciones, Manual Moderno.

Gupta, S. and S. Kumar (2014). "The 5S and kaizen concept for overall improvement of the organisation: a case study." International Journal Lean Enterprise Research 1(1): 22-40.

H

Heras, I., et al. (2009). "Impacto competitivo de las herramientas para la gestión de calidad." Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa (CEDE) Asociación Científica de Economía y Dirección de Empresas (ACEDE)(41): 7-35.

Heravitorbati, A., et al. (2011). "Assessment of requirements for establishment of a framework to enhance implementation of quality practices in building projects." International Journal of Innovation, Management and Technology 2(6): 465-470.

Herzberg, F., et al. (2010). The Motivation to Work. New Jersey, Transaction Publishers.

Hoonakker, P., et al. (2010). "Barriers and Benefits of quality management in the construction industry: An empirical study." Total Quality Management 21(9): 953-969.

I

IBM (2011). IBM SPSS Statistics.

INEGI (2010). SCN: Sistema de Cuentas Nacionales de México : Producto Interno Bruto por entidad federativa 2005-2009 : año base 2003 México Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2014). Sistema de Cuentas Nacionales de México Cuentas de Bienes y Servicios 2013. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

International, I. (2008). "FAQ's." from <http://www.ideationtriz.com/faq.asp>.

ISO (2015). "ISO 9000 quality management-ISO ". Retrieved February, 6th, 2015, from http://www.iso.org/iso/iso_9000.

J

Jha, K. and K. Iyer (2006). "Critical factor affecting quality Performance in Construction Projects." *Total Quality Management & Business Excellence* 17(9).

John, R., et al. (2014). "Awareness and effectiveness of quality function deployment (QFD) in design and build projects in Nigeria." *Journal of Facilities Management* 12(1): 72-88.

K

Kärnä, S. (2004). "Analysing customer satisfaction and quality in construction-the case of public and private customers." *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research, Special Series 2*: 67-80.

Katzenbach, J. R. (2000). *El trabajo en equipo: ventajas y dificultades*, Ediciones Granica SA.

Kerzner, H. (2009). *Project Managment: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. USA, John Wiley and Sons.

Kucharavy, D. (2006). "TRIZ: Methods and tools." LGECO Laboratory of Engineering Design, Graduate School of Science and Technology INSA Strasbourg.

L

Lara, F. (2012). *Los sistemas expertos en la Tecnología, Coordinación de Estudios de Posgrado, UNAM*.

Levy, S. M. (2007). *Project Managment in Construction*. USA, Mc Graw Hill.

López, J. (1999). *Aspectos Jurídicos de la licitación pública en México*. México, UNAM.

M

Malhotra (1997). *Investigación de Mercados Un Enfoque Práctico*.

Manjarréz, I. E. (2001). *La Competitividad de la Industria de la Construcción*. México., Fundación ICA, AC.

Marasini, R. and P. Quinnell (2010). *Investigation of quality management practices in building construction sites in the UK*, UK, Association of Researchers in Construction Management.

Mascarenhas, A. and D. Ikuo (2008). *Comparing the use of methods, techniques and tools promoted by quality management systems and programs*. XIV International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Rio de Janeiro, Brazil.

Merced, J. R. and R. Rodríguez M. (2011). "Rentabilidad en el sector de la construcción en México al tercer trimestre de 2011." *Revista Trimestral de Análisis de Coyuntura Económica*: 17-21.

Merrit, F. S., et al. (1996). *Standard Handbook for Civil Engineers*. US, Mc Graw Hill.

Microsoft (2015). "Requisitos para el sistema Office." Retrieved 20 abril 2015, from <https://support.office.com/es-MX/article/Requisitos-del-sistema-para-Office-2013-y-Office-365-ProPlus-4349bb87-531e-4ee9-8019-1d19dfab3a5a>.

Míreles Muñoz, R. (2013). "Implementación del despliegue de la función de calidad (QFD)."

Moreno, C. A. H., et al. (2009). "Aplicación de los conceptos fundamentales de la teoría TRIZ en el diseño conceptual."

Morris, P. (1981). *Managing Project Interfaces: Key Points for Project Success*. . Project Management Handbook, Prentice Hall.

P

Parasuraman, A., et al. (1988). "SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality." *Journal of Retailing* 64(1): 12-40.

Pimentel, E. (2010). *Implantación del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 en una empresa de administración de proyectos de construcción industrial*. Coordinación de Ingeniería Civil. Toluca, UAEMex. Maestría.

Poggioli, P. (1976). *Aplicación práctica del método PERT*, Reverte.

Polat, G., et al. (2011). Barriers and benefits of total quality management in the construction industry: Evidence from Turkish contractors. *Expert Conference with International Participations*, Expert Conference with International Participations. 7th Research: 6.

Poolton, J. and I. Barclay (1998). "New Product Development from Past Research to Future Applications." *Industrial Marketing Management* 27(3): 197-212.

Pons-Morera, C., et al. (2012). "Diagrama de afinidad aplicado a mejorar los servicios tecnológicos de la Universidad Politécnica de Valencia (Application of a affinity diagram to improve the technological services of the Universidad Politécnica de Valencia)." *WPOM-Working Papers on Operations Management* 3(1): 46-60.

R

Raut, R. D. and V. C. Mahajan (2015). "A new strategic approach of fuzzy-quality function deployment and analytical hierarchy process in construction industry." *International Journal of Logistics Systems and Management* 20(2): 260-290.

Rao, V. and C. Tang (1996). "Strategic quality management, Malcolm Baldrige and European quality awards and ISO 9000 certification Core concepts and comparative analysis." *International Journal of Quality & Reliability Management* 13(4): 8-38.

Reyes, C. (2004). "Una breve introducción a las tecnologías de la información para la gestión del conocimiento." *Intangible Capital* 0(4).

Riquelme, H. (1991). "La ingeniería de valor en el proceso de construcción " *Revista de Ingeniería de Construcción* 10(1): 15-22.

Romero, C. I. R., et al. (2013). "Trabajo en equipo."

Ruiz-Falcon, A. R. (2009). *Herramientas de Calidad*. Madrid.

S

S.A., C. (1999). *Diccionario de Marketing*. C. S.A.: 113.

Sandhusen, L. R. (2002). *Mercadotecnia*

SCT (2013). *Proceso de planeación de la obra pública. Guía de Apoyo*.

SEMARNAT (2015). "Impacto Ambiental". from <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental>.

Serpell, A. and L. Alarcón (2003). *Planificación y control de proyectos*. Santiago de Chile Universidad Católica de Chile

Serpell, A., et al. (2002). "Quality in Construction: the Situation of the Chilean Construction Industry." *Total Quality Management* 13(5): 579-587.

Setó, D. (2004). *De la calidad de servicio a la felicidad del cliente*. España, ESIC.

Stanton, et al. (2004). *Fundamentos de Marketing*.

Stewart, D. and P. Shamdasani (1990). *Focus groups*. Newbury Park, CA: Sage, McGuireW.

Suárez, C. (2002). *Administración de Empresas Constructoras*. México, Limusa.

T

Teplitskiy, A. and R. Kourmev (2005). "Application of 40 inventive principles in construction." *The TRIZ Journal*: 69-76.

Tadashi, I. (2010). "NAFTA and productivity convergence between Mexico and the US." *Cuadernos de Economía (Pontifical Catholic University of Chile)* 47(135): 15-55.

Tague, N. R. (2005). *The Quality Toolbox*. United States of America, American Society for Quality, Quality Press.

Thompson, I. (2006). ""Definición de Encuesta." Retrieved May 21th, 2015, from <http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/encuestas-definicion-1p.html>.

Torbica, Z. and R. Stroh (2001). "Customer Satisfaction in Home Building." *Journal of Construction Engineering and Management* 127(1): 82-86.

Trochim, W. M. and R. Linton (1986). "Conceptualization for planning and evaluation." *Evaluation and program planning* 9(4): 289-308.

W

Walker, A. (2015). *Project Management in Construction*. UK, John Wiley and Sons, Ltd.

Wan, W., et al. (2006). Development of quality culture in the construction industry. Malaysia, International Conference on Construction Industry 2006 (ICCI 2006).

Winner, R. I., et al. (1988). The role of concurrent engineering in weapons system acquisition, DTIC Document.

Y

Yasamis, F., et al. (2002). "Assessing Contractor Quality Performance." *Construction Management and Economics* 20: 211-223.

Yusof, S. and E. Aspinwall (2000). "TQM Implementation issues review and case study. ." *International Journal of Operations & Production Management*. 20(6): 634-655.

Z

Zhang, X., et al. (2009). "Developing a knowledge management system for improved value engineering practices in the construction industry." *Automation in construction* 18(6): 777-789.

Zikmund, W. G., et al. (1998). "Investigación de mercados."

ANEXOS

ANEXO A. FACTORES CRÍTICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD EN EL SECTOR.

a. Apoyo de la alta dirección

La alta directiva es la responsable de proveer de recursos materiales y humanos, nombrar líderes, crear equipos de trabajo y medir resultados (Delgado 2006). Además, son los encargados de definir la cultura organizacional; en este sentido las empresas constructoras deben considerar la importancia de una cultura de calidad como un elemento importante en la implantación de cualquier sistema de calidad, pues una organización con cultura de calidad puede ser definida como una que tiene claros los valores y creencias que la fomentan. Por otro lado, lograr un cambio cultural no es fácil, más aun si los integrantes de la organización no tienen claro qué significa calidad, ni cómo será medida (Wan, Hakim et al. 2006, Heravitorbati, Coffey et al. 2011).

Si los directivos se preocupan por definir una cultura de calidad, se asegura entonces, su compromiso, actitud y liderazgo para definir valores, políticas e iniciativas que aseguren la calidad de sus productos y servicios.

Por otro lado es importante aclarar que en la definición de los valores y políticas de calidad es necesario considerar a todos los participantes involucrados en un proyecto de construcción desde los proveedores, trabajadores de campo, residentes de obra, encargados de almacén de materiales y equipo, arquitectos, ingenieros y por supuesto al cliente. Para lo cual es importante conocer cuál es la percepción de calidad de cada uno de ellos, además de cómo proponen que sea medida y controlada.

b. Capacidades del Gerente del proyecto

El gerente o administrador de un proyecto tiene entre sus tareas la planeación, organización, integración de personal, coordinación, motivación, liderazgo y control, para obtener resultados eficazmente mediante otras personas por el proceso de delegación. Sin embargo, un gerente de proyectos no necesariamente administra todas las actividades de construcción. Por ejemplo, una empresa de diseño puede nombrar a su propio gestor de

proyectos, el cual se enfocará solamente a preservar los intereses del diseño en la construcción del proyecto (Walker 2015).

De cualquier manera, para desarrollar dichas labores el gerente requiere desarrollar competencias técnicas e interpersonales que le permitan comprender el proyecto y tener capacidad de mando para lograr los objetivos establecidos en los planes contractuales.

Sin lugar a dudas el desempeño del administrador de proyectos es fundamental para asegurar la calidad de cualquier proyecto; en la industria de la construcción se han resaltado las habilidades técnicas como el conocimiento de leyes y reglamentos, materiales, procedimientos de construcción y maquinaria, habilidades para cuantificar recursos, entender los planos y especificaciones del proyecto. Sin embargo, además de estos atributos el administrador del proyecto debe considerar la importancia del factor humano para lograr proyectos de calidad.

c. Interacción de los participantes del proyecto

El trabajo en equipo es esencial en un proyecto de construcción, pero la estructura de un trabajo en equipo esta sujeto a cambio, según la empresa y el tipo de proyecto. De acuerdo con Arditi (1999), un buen trabajo en equipo puede mejorar las técnicas de construcción y la productividad, por lo tanto reduce la cantidad de trabajo y disminuye costos; en caso contrario, se ocasionaría traslape de actividades, escases de materiales y deficiente asignación de recursos.

Además, para la ejecución de cualquier política de calidad, es importante que todos los miembros del equipo, entiendan el propósito de ellas y la manera en que deberán ser ejecutadas. Como se ha mencionado con anterioridad, en la industria de la construcción interactúan personas con distintas formaciones culturales y profesionales, que generan que el proyecto sea visto desde puntos de vista diferentes, como se muestra en la Figura 1. De esta manera, dichos participantes se podrían dividir en participantes internos (miembros del equipo que pertenecen a la empresa constructora) y participantes externos (proveedores, subcontratistas y supervisores externos entre otros). La mayoría de las actividades que

desempeñará cada participante será entender las necesidades del otro. Con lo anterior en mente, las habilidades de coordinación, comunicación efectiva así como actitud positiva son características que soportan el logro de los niveles de calidad deseados.

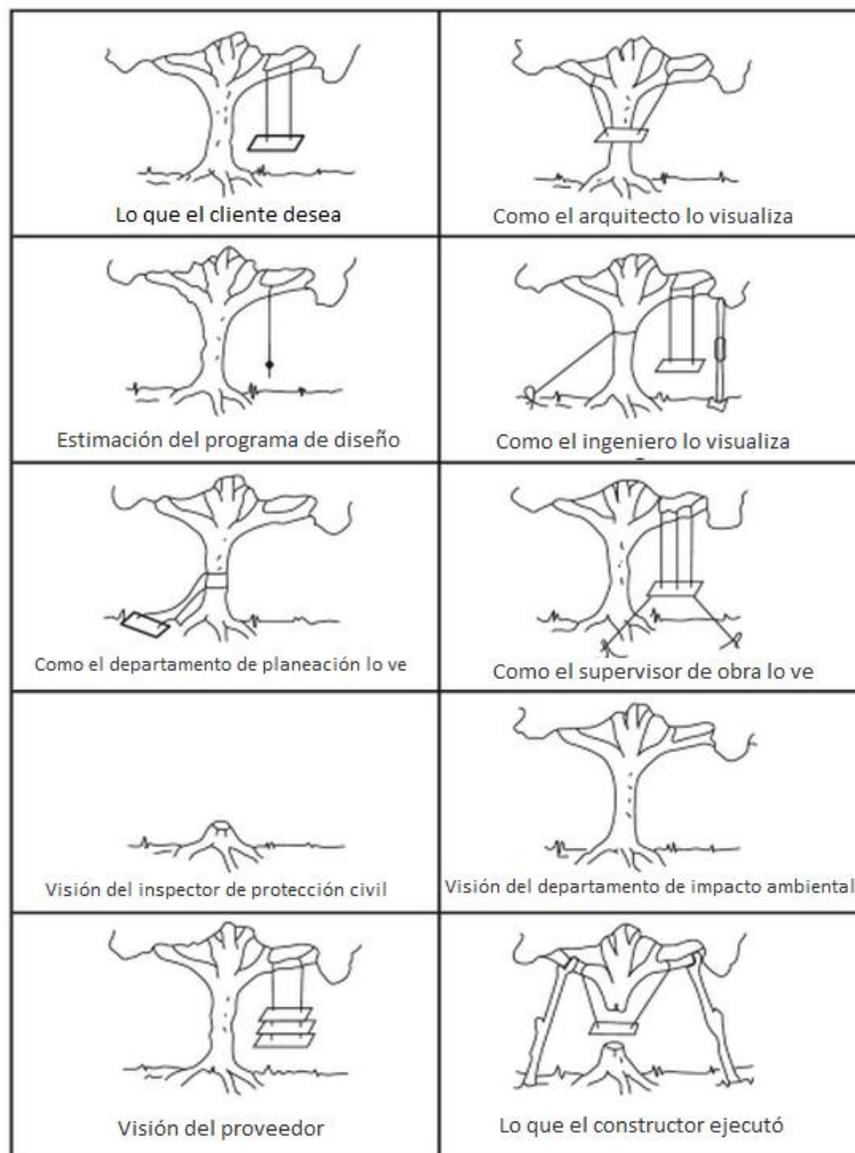


Figura A.1. Perspectivas de los participantes de un proyecto de construcción. Adaptación propia. Fuente: (Walker 2015)

Por otro lado, es importante resaltar que varias de las herramientas de gestión de calidad están enfocadas al trabajo en equipo, por ejemplo la lluvia de ideas, las 5S's, Análisis de objetivos, la Ingeniería Concurrente y los grupos de enfoque.

d. Aspectos técnicos

Las especificaciones técnicas son documentos del contrato de vital importancia en un proyecto de construcción, porque definen las normas, exigencias y procedimientos que serán empleados y aplicados en todos los trabajos. Por otro lado, los planos de construcción son los dibujos que expresan las conceptualizaciones del diseñador, y en ocasiones son los únicos documentos que serán dados al constructor para la ejecución de la obra. Sin embargo, la mayoría de las veces los planos y especificaciones no indican claramente las dimensiones, cantidad de materiales a seguir, procesos de construcción a utilizar, ni los alcances del proyecto. De esta manera la inadecuada información conduce a una baja calidad del proyecto.

e. Aspectos económicos y financieros

Los procesos de licitación competitivos y la práctica común de adjudicar el proyecto a la oferta de más bajo precio, puede provocar que el ofertante menos calificado sea el que desarrolle el trabajo. Las licitaciones requieren de una importante inversión de tiempo y esfuerzo por parte de las empresas constructoras, además de una serie de supuestos en relación a calidad. Mientras que las empresas contratistas más experimentadas consideran estos procesos como rutinarios, para las firmas de recién ingreso al mercado, esta actividad representa un fuerte impacto por la sobrevivencia en el mercado (Arditi and Gunaydin 1999).

Una vez ganado el proyecto la empresa no tiene motivos suficientes para hacer un trabajo de calidad. Así que para obtener ganancias en ocasiones utilizan materiales de baja calidad y no utilizan procesos constructivos adecuados, mermando la calidad del proyecto (Jha and Iyer 2006).

Otro aspecto financiero importante que afecta la calidad es el presupuesto del proyecto, pero más allá de eso, se deberían considerar los límites y recursos financieros, de tal manera que se cumplan los requerimientos del cliente dentro de estos términos. Pues todo presupuesto asignado para la construcción tiene que ser apoyado por las especificaciones del proyecto, de lo contrario su consistencia estará en peligro (Arditi and Gunaydin 1999).

Una vez establecidos los límites presupuestales, es importante que el cliente asegure el suministro de recursos financieros a fin de que se realice un óptimo empleo en el suministro de materiales, pago a personal, adquisición o renta de equipo entre otros aspectos.

f. Administración de recursos humanos

El recurso humano es el elemento más importante de la empresa constructora. La comunicación, por tanto, será nuevamente el principal recurso del que dispone el directivo, para obtener el entusiasmo, la creatividad y la lealtad de su personal, siempre y cuando, esta comunicación sea verdadera, consistente y seria. Una dirección con mentiras o inconsistente, no podrá obtener entusiasmo o lealtad. Será recomendable también, que el directivo adopte su forma de dirección de acuerdo a la persona, es decir, es muy probable que la forma eficiente de comunicar una orden o inspirar una motivación a un maestro de obras sea totalmente ineficaz ante un gerente de área. Aún más, en un mismo nivel jerárquico, nunca se podrán esperar resultados idénticos de dos personas diferentes, ante una misma forma de comunicación (Suárez 2002).

Además de ser un factor importante en todos los trabajos que desarrolla una empresa constructora, en la instauración de un sistema de calidad, es importante la participación activa de todo el personal que labora en ella. Para lo cual es necesario que las políticas de calidad sean entendidas por todos los integrantes de la empresa, desde el maestro de obra hasta el más alto directivo. Está claro que cada uno de ellos tiene tareas y responsabilidades distintas, sin embargo, el entendimiento de la política de calidad, le permitirá realizar sus tareas en el marco de la cultura empresarial. De no ser así, el recurso humano puede adoptar una actitud de rechazo hacia el sistema de calidad que se pretende implementar, ya que, confiará más en su experiencia profesional; así se convertirá en la principal limitante para la mejora continua de la calidad de los productos y servicios de la organización.

Aspectos como capacitación son imprescindibles para mejorar la calidad de los proyectos de construcción. No obstante, acuerdo al reporte realizado por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER 2010), la

capacitación de sus trabajadores resulta una de las actividades menos importantes para los directivos de empresas constructoras, además de que consideran que un sistema de certificación laboral debe depender de una entidad privada más que del sector público, debido a la credibilidad que les otorgaría y porque consideran escucharán las necesidades de las empresas. Es decir quieren contratar personal calificado, pero no están dispuestos a capacitarlo ellos mismos, debido principalmente a que la consideran una inversión que no les generará ninguna ganancia a ellos, dada la rotación del personal en cada proyecto. Además de que consideran que el empleado buscará otro trabajo o solicitará un aumento de sueldo.

Adicionalmente en el mismo reporte se establece que las principales causas para la escasa capacitación es que se considera que perturba el ritmo del trabajo, generar problemas sindicales o laborales, el proceso es costoso, y falta de flexibilidad en el horario de trabajo.

Especial atención debe tener la administración del personal obrero como lo son maestros albañiles pues al no tener las ventajas que se obtienen en otras industrias con contratos definitivos, como: obtención de derechos por antigüedad, reconocimientos, escalafón de puestos, etc., no cuidan su trabajo. Por lo que con cualquier disgusto o llamada de atención abandonan el trabajo sin previo aviso, además de tener vicios añejos como el famoso “San lunes”, entre otros (Cervantes 2005).

g. Relación con proveedores

En este aspecto es obvio que se elegirá a aquel proveedor que garantice la calidad de sus productos, pero también aquellos que ofrezcan un buen servicio. Sin embargo, contar con un proveedor responsable y comprometido solo se puede lograr a través de una relación de mutua confianza. El objetivo es que proveedores y empresas constructoras compartan información a través de canales eficientes para poder identificar las posibles oportunidades de mejoramiento en beneficio del cliente final.

La participación de los proveedores afecta a la calidad de un proyecto de construcción básicamente por los siguientes aspectos: surtido de materiales del mismo lote de

producción, que pueden variar en detalles como color y textura, falta de seguimiento de adquisición o entrega en la obra; escasez de materiales por factores externos al de la industria y su consecuente aumento de precios; acaparamiento de materiales de construcción por grandes empresas constructoras e imposibilidad de asegurar condiciones de pago por parte de las empresas constructoras (Cervantes 2005).

h. Habilidad de la empresa para entender al cliente

Las organizaciones dependen de los clientes, sin ellos, no habría negocios. Dentro del sector de la construcción un cliente engloba el comprador de un servicio de construcción, el usuario final y otros grupos de interés. Así se han convertido en uno de los aspectos clave para las empresas en sus esfuerzos para mejorar la calidad de sus productos en un mercado competitivo. De manera que es considerado un aspecto que mejora el desempeño financiero de una empresa a través de la lealtad de los clientes (Kärnä 2004).

Los clientes pueden ser internos y externos. Así el dueño del proyecto es el cliente del diseñador, al recibir los requerimientos del proyecto con el fin de proporcionar un diseño factible para el propietario. De manera que siguiendo las etapas de un proyecto, el constructor es ahora el cliente del diseñador, sin dejar de serlo también del propietario. Por lo tanto, el servicio al cliente en cada fase es importante para el rendimiento global de la calidad del proceso.

La satisfacción del cliente es una función de la calidad percibida, los clientes usualmente comparan el rendimiento percibido del producto con algún estándar o experiencias anteriores. Si la calidad que perciben es mayor que lo que marca el estándar, estarán satisfechos. Sin embargo, no se debe dejar de lado que los clientes en ocasiones tienen un conocimiento limitado sobre calidad, definen deficientemente sus necesidades, no asumen costos y hacen muchos requerimientos (Serpell, De Solminihaç et al. 2002).

De manera general, es difícil definir una serie de factores que determinan la satisfacción del cliente en la industria de la construcción. La mayoría de los estudios a nivel internacional y nacional que intentan medir este rubro se han orientado a la edificación de viviendas. A

nivel nacional se destacan iniciativas como el Índice de Satisfacción Residencial (ISR) llevado a cabo por la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), el cual analiza la edificación desde la perspectiva de la calidad de vida, considerando factores como las características físicas de la construcción, espaciales y funcionales, ambientales, de localización, servicios y equipamiento social y comunitario, entre otros (Delgado and Romero 2013).

De acuerdo con Torbica y Stroh (2001) en la industria de la construcción el grado de satisfacción de los clientes sólo se conoce cuando la mayor parte del dinero del trabajo se ha gastado, así que para las empresas constructoras debe ser muy importante determinar los factores que determinan la satisfacción del cliente, y su reto es modificar su oferta actual de una manera que conduzca a la máxima satisfacción del cliente.

Para resumir lo hasta aquí expuesto, en la Tabla A.1 se presentan los factores que determinan la calidad de un proyecto de construcción, tratados con anterioridad. Es importante aclarar que el listado no es exhaustivo pero intenta mostrar los factores más importantes.

Tabla A.1.Tabla resumen de los factores que determinan la calidad de un proyecto de construcción.

Grupo	Factores	Autores
Apoyo de la Alta dirección	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de una cultura de calidad - Desarrollar una comprensión clara de los principios y elementos en políticas de calidad - Capacidad para delegar el control de las tareas de calidad a miembros capacitados de su equipo - Compromiso de los directivos con la mejora continua de la calidad de sus productos y servicios 	[1],[2],[3],[4],[6]
Capacidades del Gerente de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> -Compromiso con la calidad -Monitoreo efectivo y retroalimentación -Capacidades técnicas -Liderazgo al transmitir políticas o iniciativas de calidad a sus subordinados 	[4],[7]
Interacción de los participantes del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> -Coordinación entre los participantes del proyecto -Comunicación efectiva -Participación activa de empleados -Retroalimentación en todas las fases del proyecto 	[1],[2],[3],[4],[7]
Aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de materiales de construcción que cumplen con estándares de calidad -Claridad en planos y especificaciones del proyecto -Sitios de trabajos limpios y seguros 	[1], [6], [5]
Aspectos económicos y financieros	<ul style="list-style-type: none"> -Licitaciones que no solo tomen en cuenta al ofertante de bajo costo para la adjudicación del trabajo -Establecimiento de recursos y límites financieros desde el inicio del proyecto 	[3], [8], [9]
Administración de recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> -Capacitación continua para entender las políticas de calidad -Reconocimiento y recompensa del trabajo individual o en equipo -Contratación de Mano de obra especializada 	[1], [2],[3],[4]
Relación con proveedores	<ul style="list-style-type: none"> - Participación de proveedores /Buena relación - Establecimiento de acuerdos para otorgar facilidades de pago -Involucramiento de los subcontratistas en políticas de calidad 	[1],[2],[3]
Habilidad de la empresa para entender al cliente	<ul style="list-style-type: none"> -Entender las necesidades del cliente -Servicio orientado al cliente -Mantener altos niveles de satisfacción del cliente 	[1], [2],[3]
Utilización de herramientas y sistemas de gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> -Actualización en las técnicas de gestión de calidad modernas -No confiar completamente en la experiencia del gestor de proyectos 	[8]

Adaptado de: [1] (Arditi and Gunaydin 1997), [2](Wan, Hakim et al. 2006), [3](Hoonakker, Carayon et al. 2010), [4] (Chinweude O. 2013), [5] (Heravitorbati, Coffey et al. 2011), [6](Delgado 2006), [7] (Jha and Iyer 2006), [8] (Arditi and Gunaydin 1999), [9] (Pimentel 2010).

ANEXO B

DEFINICIONES DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD

a. Necesidades del cliente

i. Encuestas a los clientes

La encuesta ha sido uno de los métodos más utilizados en la investigación de mercados porque permite obtener amplia información de fuentes primarias (Thompson 2006). Por ello, es importante que se conozca cual es la definición de encuesta, pero desde distintas perspectivas para tener un panorama más completo de la misma.

Definición de Encuesta:

- Según Stanton, Etzel y Walker (2004), una encuesta consiste en reunir datos entrevistando a la gente.
- Para Richard L. Sandhusen (2002), las encuestas obtienen información sistemáticamente de los encuestados a través de preguntas.
- Según Naresh Malhotra (1997), las encuestas son entrevistas a numerosas personas utilizando un cuestionario diseñado en forma previa.

En síntesis, se trata de un método que consiste en obtener información de las personas encuestadas mediante el uso de cuestionarios diseñados en forma previa (Thompson 2006).

Es por ello, que en este trabajo la Encuesta a los Clientes, está considerada como una herramienta de mejora para la gestión de calidad, ya que como las definiciones lo indican nos ayuda a recolectar la información necesaria para poder determinar el problema a resolver, y así mejorar la calidad.

ii. Entrevistas personales

Es uno de los métodos para evaluar el aparente comportamiento de las personas y sus gustos. Como técnica, sirve para la obtención de información mediante el dialogo planificado, estructurado o abierto, según los objetivos establecidos por el analista.

En términos genéricos, es una comunicación (charla, conversación o dialogo) que sostienen dos o más personas y que cumple una finalidad. Es asimétrica debido al control por el entrevistador, al conocer los objetivos. En una entrevista tanto el entrevistador como el entrevistado persiguen un objetivo.

De acuerdo con Grados y Sánchez (2007) la entrevista es una comunicación generalmente entre entrevistado y entrevistador, debidamente planeada, con un objetivo determinado para tomar decisiones que la mayoría de las veces son benéficas para ambas partes, dada esta definición se considerara a las entrevistas personales como “La reunión cara a cara para determinar las necesidades del cliente”.

iii. Entrevistas telefónicas

En la actualidad existe una tendencia que se está haciendo más fuerte y se ha convertido en una forma de entrevista de satisfacción al cliente. Las entrevistas por teléfono son muy practicadas debido a que para muchas empresas es mucho más sencillo contactar al cliente por teléfono que pactar una cita en sus instalaciones especialmente si la empresa es transnacional.

La entrevista telefónica supone mayor facilidad en comparación con una entrevista personal, ya que el cliente la realiza desde un ambiente mucho más cómodo y amigable, como puede ser su casa u oficina, por lo cual es recomendable relajarse y sentirse seguro de sí mismo, sin embargo, mediante esta entrevista el entrevistador no podrá percibir aspectos como el lenguaje corporal, tan sólo percibirá su voz y como transmite el mensaje.

Por lo general las entrevistas telefónicas se coordinan con anticipación. En este caso el cliente puede solicitar que se haga la llamada a un teléfono fijo, ya que ofrece mayor seguridad en comparación con un celular que es normalmente más costoso.

De acuerdo con Zikmund y Babin (1998) las entrevistas telefónicas son encuestas que reúnen información a través del contacto telefónico con individuos, y algunas de sus características más relevantes son las siguientes:

- Velocidad: es una ventaja la velocidad con que se recopilan los datos.
- Costo: son más económicas que las personales.
- Ausencia de contacto frente a frente: son más impersonales, pero se responden más las preguntas delicadas o confidenciales que en las entrevistas personales.
- Cooperación: algunas personas prefieren atender estas entrevistas por temor al ingreso extraños a sus hogares en el caso de las personales.
- Muestras representativas: existen dificultades en la obtención de una muestra representativa de un directorio telefónico.
- Necesidad de volver a llamar: es más fácil volver a llamar que volver a ir a la casa del encuestado
- Duración limitada: si se pierde la paciencia o pierde el interés el encuestado puede colgar.
- Falta de medios visuales: en contraste con las ventajas anteriores, no se pueden hacer uso de estos, así que no sirven para investigaciones de empaques, lemas publicitarios, pruebas de conceptos.

Es por ello que se entenderá como entrevistas telefónicas a “Las llamadas telefónicas para descubrir las necesidades del cliente.”

iv. Lluvias de ideas

Para la Sociedad Latinoamericana para la Calidad (2000) la lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en el año 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado de “lluvia de ideas” que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente. En este trabajo se manejará como “La reunión con varios clientes en la que estos expresan espontáneamente sus ideas y necesidades”.

Se deberá utilizar cuando existan las siguientes necesidades dentro de la empresa:

- Liberar la creatividad de los departamentos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar a todos en el proceso.
- Identificar oportunidades para la mejora.

La aplicación de esta técnica se realiza en tres fases:

1) Preparación y motivación para la lluvia de ideas por parte del formador:

- Se presenta el problema que se va a tratar. Los problemas tienen que ser reales y conocidos previamente ya que el objetivo no es estudiar y analizar problemas sino producir ideas para su solución.

- Se presentan los objetivos y reglas de la técnica al grupo: tienen que aportar libremente, durante un tiempo determinado, todas las ideas y sugerencias que se les ocurran sin analizar si son válidas, correctas, posibles o adecuadas, y sin miedo al ridículo.

2) Desarrollo (producción de ideas)

- El grupo durante un periodo de tiempo entre 20 y 30 minutos genera ideas libremente.

- El coordinador estimula la producción de ideas, y el mismo o un ayudante toman nota de las ideas en una lista visible; esto sirve de refuerzo y motivación para la participación de todos.

3) Evaluación de las ideas

- Se redactan y clasifican las ideas surgidas. A continuación, se fijan los criterios para seleccionar las mejores ideas y se valora cada idea de acuerdo con los criterios establecidos.

Se eliminan las ideas no válidas y, a partir de una lista breve de ideas válidas, el grupo elige la mejor solución.

4) Plan de acción

- El grupo fija los pasos necesarios para llevar a la práctica la solución elegida.

v. Grupos de enfoque

Los grupos de enfoque son una estrategia de investigación para entender las actitudes y el comportamiento del público. De 6 a 12 personas son entrevistadas de manera simultánea por un moderador que los guía en una discusión que aparentemente no tiene relación con el tema central. La característica principal de un grupo de enfoque es la discusión de grupo controlada, cuyo fin es reunir información preliminar para elaborar un proyecto.

Esta herramienta es muy similar a la lluvia de ideas con la diferencia de que un líder dirige la sesión siguiendo un protocolo previamente definido. Ortí (1990) menciona que los grupos son la mejor forma para poder captar las representaciones ideológicas, los valores, las formaciones imaginarias y afectivas, etc. que se encuentren dominando en un determinado estrato, clase o sociedad global.

Retomando la definición que utiliza Morgan (1990), con el propósito de clarificar términos: *“Es una técnica específica dentro de la categoría más amplia de entrevistas grupales, orientadas a la obtención de información cualitativa”*.

Esta técnica consiste en reunir en el mismo lugar y al mismo tiempo a un número determinado de personas, para que estas discutan o se realicen preguntas sobre un mismo tema y obtener con ellos una perspectiva de la realidad.

b. Organización de necesidades

i. Diagramas de afinidad

El diagrama de afinidad es conocido como Método KJ y fue desarrollado en Japón, en 1980 por el Dr. Jiro Kawakita. Se utiliza para organizar y categorizar grandes cantidades de información lingüística (ideas, opiniones, experiencias) con base en su función, operación u otra asociación que las identifique.

Es un método de categorización en el que los usuarios clasifican varios conceptos en diversas categorías. Este método suele ser utilizado por un equipo para organizar una gran cantidad de datos de acuerdo con las relaciones naturales entre los mismos.

Se puede definir el diagrama de afinidad como una representación gráfica que combina información cualitativa y cuantitativa, y que refleja el resultado de un pensamiento grupal, con indicación de las agrupaciones de las ideas por su similitud o cercanía así como la importancia relativa de las mismas (Pons-Morera, Canós-Darós et al. 2012). Así, para este trabajo se entenderá como: “La representación gráfica de la necesidades del cliente haciendo uso de grupos con características similares”.

Para completar y finalizar el marco teórico del diagrama de afinidad, se procede a indicar sus principales ventajas expuestas por Trochim (1986):

- La representación gráfica de los resultados es comprensible para todos los participantes y se puede presentar a otros públicos con relativa facilidad.

- El marco conceptual se expresa en el lenguaje cotidiano de los participantes, sin que influyan aspectos técnicos o de concepción del evaluador.

- Se ha observado en muchos proyectos de diagrama de afinidad que uno de los principales efectos del proceso es que aumenta la cohesión del grupo y la moral.

- Anima al grupo de participantes a coadyuvar en la generación de ideas y su estructuración en lo que respecta a la planificación y evaluación del estudio.

- Los resultados se plasman en una representación gráfica que a simple vista muestra todas las ideas importantes y sus interrelaciones.

ii. Diagramas de árbol

El diagrama de árbol, es una herramienta de la calidad que permite obtener una visión de conjunto de los medios necesarios para alcanzar una meta o resolver un problema. Partiendo de una información general, como la meta a alcanzar. Los detalles se representan mediante una estructura en la que se comienza con una meta general (el “tronco”) y se continúa con la identificación de niveles de acción más precisos (las sucesivas “ramas”). Las ramas del primer nivel constituyen medios para alcanzar la meta pero, a su vez, estos medios también son metas, objetivos intermedios, que se alcanzarán gracias a los medios de las ramas del

nivel siguiente. Así repetidamente hasta llegar a un grado de concreción suficiente sobre los medios a emplear.

La utilización del diagrama de árbol permite descomponer cualquier meta general, de modo gráfico, en fases u objetivos concretos, así como determinar acciones detalladas para alcanzar un objetivo.

De acuerdo a la Fundación Iberoamericana para la Gestión del Calidad (FUNDIBEQ 2015) el diagrama de árbol es una representación gráfica que muestra el desglose progresivo de los factores o medios que pueden contribuir a un efecto u objeto determinado.

iii. Diagramas de matrices

Un diagrama de matriz es una herramienta gráfica que muestra la conexión o relación entre ideas, problemas, causas y procesos, métodos y objetivos y, en general, entre conjuntos de datos, en la forma de una tabla (matriz). La relación se indica en cada intersección de filas y columnas. Algunas de las ventajas de esta herramienta son:

- Permite analizar y clasificar sistemáticamente la presencia e intensidad de las relaciones entre dos o más conjuntos de elementos.
- Ayuda en la priorización de los recursos y procesos.
- Facilita al equipo alcanzar consensos, mejorando el apoyo a una decisión final.
- Mejora el método de trabajo con la observación de un elevado número de factores de decisión.

El diagrama de matriz se puede realizar bajo distintas modalidades, para comparar más de dos listas de factores o elementos. Hay seis diferentes en forma de matrices posibles: L, T, Y, X, C y en forma de tejado, dependiendo de los grupos de factores a comparar. Las más habituales son la matriz en forma de L y en forma de T.

La matriz en forma de L se utiliza para analizar la relación entre dos grupos de elementos entre sí. Esta matriz es la más común en la aplicación del diagrama.

La Figura B.1 es un ejemplo de un formato tipo L, habitual en el Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE \ CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	Característica A	Característica B	Característica C	...	Característica M
	Requerimiento A	●	●		
Requerimiento B	●		△		○
Requerimiento C		●	△		
⋮					○
Requerimiento N	○		●		

● Relación fuerte ○ Relación media △ Relación débil

Figura B.1.Formato tipo L del diagrama de matrices. (AITECO 2013)

No obstante, el Diagrama de Matriz puede presentar distintas configuraciones. Así, puede hablarse de las tipo-T (Figura B.2), que combinan dos matrices tipo-L. Las tipo-Y y tipo-X, combinan tres y cuatro matrices tipo-L respectivamente.

				Item I			
				Item II			
				Item III			
Item a	Item b	Item c			Item A	Item B	Item C
				Item 1			
				Item 2			
				Item 3			

X-matrix

Item I					
Item II					
Item III					
Item IV					
Item V					
	Item A	Item B	Item C	Item D	Item E
Item 1					
Item 2					
Item 3					
Item 4					
Item 5					

T-matrix

Figura B.2.Formato tipo T del diagrama de matrices. (AITECO 2013)

El diagrama de matriz es útil para:

- Establecer la relación entre distintos elementos o factores, así como el grado en que ésta se da.

- Hace perceptibles los patrones de responsabilidad así como la distribución de tareas.

Ruiz-Falcó (2009) lo define como *“Una técnica, aplicada preferentemente en grupo, que muestra la relación entre factores, causas y resultados”*. Dándole un enfoque relacionado con este trabajo se tratara como una “tabla en la que se asocian las necesidades de los clientes con características técnicas de un producto o servicio”.

c. Métodos Formales

i. Función del despliegue de calidad (QFD)

El QFD, por las siglas inglesas de Quality Function Deployment, es un método de diseño de productos y servicios que analiza la voz del cliente y la traduce, en pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del mercado. Nacida como herramienta de diseño de nuevos productos, el QFD se convirtió en un elemento integrador de las distintas áreas de una organización, como marketing, ingeniería y operaciones, y de distintas actividades, como la gestión de la calidad. La gestión de la calidad, originariamente establecida en la función de operaciones, abarca a la empresa en su conjunto, que se preocupa como un todo por los clientes, la mejora continua y el trabajo en equipo. El QFD contribuye a integrar estas áreas y actividades, descubriendo las necesidades de los clientes, orientando la integración de equipos de diseño y la fabricación de productos, y, en un proceso de mejora continua, respondiendo a los requerimientos del mercado con costos decrecientes, menores plazos para el lanzamiento de nuevos productos y otros criterios competitivos (Enríquez and Bosch 2000)

Míreles (2013) da la siguiente definición de QFD: “Es un sistema para la traducción de necesidades del consumidor a requerimientos apropiados de la compañía en cada etapa desde la investigación y desarrollo del producto, hasta ingeniería, manufactura, mercadotecnia/ventas y distribución”.

A continuación se presentan tres de los objetivos que persigue el QFD:

- Dar prioridad a las necesidades expresadas y latentes de los clientes con respecto a un producto.

- Traducir esas necesidades en términos de características y especificaciones técnicas.
- Diseñar, producir y entregar un producto o servicio de calidad, centrándose en la satisfacción de los clientes.

De acuerdo con Moreno (2009), el QFD cuenta con las siguientes etapas: (1) Necesidades del cliente; (2) Recuperación de datos; (3) Integración de datos; (4) La casa de la calidad; (5) Tabla de planeación. Los siguientes puntos describen brevemente cada una de estas etapas.

- A) Necesidades del cliente. Este punto es muy importante porque se recolecta la información que será la base del diseño, se escucha al cliente y se almacena la información proporcionada.
- B) Recuperación de datos. La recuperación de datos consiste en resumir la información recolectada en una tabla y ordenarla de forma que sea más clara, tratando de cubrir las casillas principales como el nombre del cliente, la voz del cliente, preguntas básicas que nos ayuden a ordenar mejor la información estas pueden ser ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Por qué? y ¿Cómo? Además es importante tener datos integrados, e información adicional que presenta el cliente.
- C) Integración de datos. Esta etapa consiste en combinar el contexto de aplicación del producto con los datos ofrecidos por el cliente, y se deben considerar otros elementos como las normas regulatorias, y políticas empresariales.
- D) La casa de la calidad. Es utilizada por equipos multidisciplinarios para traducir un grupo de requisitos del cliente, usando estudios de mercados y datos de la comparación, en un número apropiado de metas de ingeniería priorizadas a ser alcanzadas para el diseño de un producto nuevo. Su procedimiento es el siguiente: el punto de partida son las necesidades del cliente, se encuentran las cualidades primarias, secundarias y terciarias del

cliente que forman la base de la casa, se especifican las características correspondientes a ingeniería que deben estar expresadas claramente en términos mensurables. Luego las interdependencias son ubicadas bajo la forma del techo de la casa. Por consiguiente se calculan las dificultades técnicas para alcanzar los cambios deseados. Se calcula el costo y las metas finales se fijan claramente en términos mensurables. En esta se identifican los requerimientos de diseño, en general la gente que ya tiene práctica en el QFD ha señalado que una cantidad adecuada de requerimientos es entre 20 y 30.

E) Tabla de planeación. Esta última etapa es de gran importancia, ya que analizar la competencia es crucial en el desarrollo del diseño, en esta etapa se le pide generalmente al cliente que evalúe a la competencia, considerando que esta información es subjetiva. Una vez realizada la evaluación debe realizarse la comparación y se plantean cuáles son las mejoras a realizar y que aspectos del producto deberán considerarse para la promoción.

ii. Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)

Las siglas TRIZ vienen del acrónimo Teoriya Reshenya Izobretatelsky Zadach en ruso y significa Teoría para la Resolución de Problemas de Inventiva. El método TRIZ fue desarrollado a partir del año de 1946 por Genrich Altshuller y sus colegas en lo que era la antigua Unión Soviética.

TRIZ permite:

- Crear de manera innovadora y creativa, soluciones prácticas, sencillas y rápidas,
- Simplificar técnicamente los productos y los procesos, ganando en costos, fiabilidad y vida media.
- Resolver conflictos y contradicciones técnicas sin necesidad de soluciones intermedias con compromiso ni de optimización.
- Concebir de forma rápida, las próximas generaciones de productos y procesos.
- Reducir el ciclo de desarrollo partiendo inicialmente de un concepto correcto.

Kucharay (2006) describe esta teoría como “un área de la ciencia que explora los mecanismos de evolución de los sistemas técnicos con el objetivo de desarrollar métodos analíticos y técnicas de resolución de problemas”.

Otra definición interesante es la siguiente: “Una ciencia naciente. TRIZ contiene una base teórica, diversas herramientas analíticas y herramientas basadas en el conocimiento, que ayudan a un individuo a inventar y a resolver problemas complejos de manera sistemática” (International 2008).

Esta metodología enseña cómo resolver los problemas intrínsecos del proceso de invención o innovación, como cambiar la forma de pensar y de manera general en cómo resolver problemas de una forma más eficiente (Moreno, Audirac et al. 2009).

Así se tomará la tomaremos como “una colección de estrategias para resolver problemas que no tienen solución conocida”.

iii. Ingeniería concurrente (IC)

La definición acuñada por el IDA (Institute for Defense Analysis) en el Reporte R-338, publicado en 1986, es una de las de mayor aceptación y define la ingeniería concurrente como: *“El enfoque sistemático para un diseño de productos, en forma integrada y concurrente con los procesos relacionados, incluidos los correspondientes a la fabricación y apoyo. Pretende que los diseñadores de producto, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del Ciclo de Vida del Producto, desde el diseño conceptual hasta su retirada, incluyendo los aspectos de calidad, coste, etc., y todos aquellos aspectos relacionados con necesidades del cliente”* (Winner, Pennell et al. 1988).

Aquí la IC es una filosofía en la que un equipo multidisciplinario lleva a cabo actividades de diseño y producción simultánea para reducir el tiempo en que un producto llega al mercado.

Los objetivos globales que se persiguen con la implementación de la IC son:

1. Acortar los tiempos de desarrollo de los productos.
2. Elevar la productividad.

3. Aumentar la flexibilidad.
4. Mejor utilización de los recursos.
5. Productos de alta calidad.
6. Reducción en los costos de desarrollo de los productos.

d. Planeación y Programación

i. Enunciar la misión del proyecto

La definición de enunciar la misión del proyecto constituye la identificación de los “dominios” en los que ha de operar. Se hace para fundamentar la asignación de los recursos sobre la base de prioridades previamente determinadas, en función de las tendencias esperadas en los mercados y en las tecnologías.

Los pasos necesarios para llegar a una definición de esta herramienta son establecer sucesivamente:

- La amplitud del mercado servido (actual),
- La amplitud del mercado servido (futuro),
- La amplitud de productos (actual),
- La amplitud de productos (futuro),
- La amplitud geográfica (actual),
- La amplitud geográfica (futura),
- La forma de obtener liderazgo competitivo (actual) y
- La forma de obtener liderazgo competitivo (futuro).

La misión es entonces un enunciado que establece los propósitos de la empresa o proyecto para que todos los participantes tengan claro lo que pretende alcanzarse.

ii. Diagrama de Barras de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta muy utilizada en la actualidad, su objetivo es el de mostrar el tiempo programado, las fechas de iniciación y terminación para las diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Consta de dos ejes:

- Eje Horizontal: presenta un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al proyecto a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.
- Eje Vertical: muestra las tareas que constituyen el proyecto a ejecutar. A cada tarea le representa por una línea horizontal cuya longitud es proporcional a la duración en la escala de tiempo (eje horizontal).

Los diagramas de Gantt se usan para representar por medio de barras las actividades con longitud de duración (calendarización de actividades). Algunas de las ventajas del diagrama de Gantt son:

- Es muy sencillo y fácil de entender.
- Da una visión global del proyecto.
- Permite hacer cambios sin muchas dificultades.
- Puede desarrollarse a través de los paquetes computacionales.

Para este trabajo se considera como la “representación gráfica de las actividades que se requieren para llevar a cabo un proyecto que considera la duración de las mismas”.

iii. Método de la Ruta Crítica (CPM)

El método CPM o de la Ruta Crítica (equivalente a las siglas en inglés Critical Path Method) es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada.

En este sentido, el principal supuesto del CPM es que las actividades y sus tiempos de duración son conocidos, es decir, no existe incertidumbre. Este supuesto simplificador hace que esta metodología sea fácil de utilizar y en la medida que se quiera ver el impacto de la incertidumbre en la duración de un proyecto, se puede utilizar un método complementario como lo es PERT.

Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. Así, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración

de un proyecto establecida a partir de actividades que no se pueden retrasar es igual a la ruta crítica.

Para utilizar el método CPM o de Ruta Crítica se necesita seguir los siguientes pasos:

1. Definir el proyecto con todas sus actividades o partes principales.
2. Establecer las relaciones entre las actividades. Decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
3. Dibujar un diagrama conectando las diferentes actividades con base en sus relaciones de precedencia.
4. Definir el tiempo estimado para cada actividad.
5. Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (Ruta Crítica).
6. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

Así se puede considerar como una representación gráfica de las actividades que se requieren para finalizar un proyecto que muestra la dependencia entre ellas.

iv. Redes (PERT)

El método PERT (Program Evaluation and Review Technique –Técnica de evaluación y revisión de programas) es un método que sirve para planificar proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades.

El método PERT permite representar gráficamente las diferentes actividades que componen el proyecto y calcular los tiempos de ejecución de forma que se pueda contestar a esas preguntas. Para ello se cuenta con 4 pasos:

1. Hacer una lista de actividades o tareas,
2. Hacer una “tabla de precedencias”,
3. Dibujar el grafo, y
4. Calcular las duraciones, con un enfoque probabilístico, asignado un tiempo pesimista, uno esperado y otro optimista.

Para Poggioli (1976) el PERT es un método que consiste en ordenar, bajo la forma de red, varias tareas que, gracias a su dependencia y a su cronología, concurren todas ellas a la obtención de un producto acabado. Para simplificar el concepto y hacerlo más entendible se entenderá como la “combinación del diagrama de barras y del método de la ruta crítica, que utiliza probabilidades para la duración de las tareas”.

v. Trabajo en equipo

Es un método de trabajo colectivo coordinado en el que los participantes intercambian sus experiencias, respetan sus roles y funciones, para lograr objetivos comunes al realizar una tarea conjunta (Romero, General et al. 2013). Algunas de las ventajas del trabajo en equipo son:

- Aumento de la productividad,
- Mejora de la calidad,
- El trabajo resulta menos estresante,
- La responsabilidad es compartida,
- Reducción de gastos generales, y
- Agiliza planes y programas (ahorra tiempo).

Gustavo Bertolini (2000) da las siguientes responsabilidades que debe de tomar el líder o encargado del equipo, al momento de las reuniones con los integrantes de este:

1 - Iniciar las reuniones

Comenzar en tiempo,
Clarificar el propósito de la reunión,
Puntualizar su importancia,
Proveer los antecedentes necesarios,
Definir el momento de finalización de la reunión, y
Promover la discusión abierta en el grupo.

2 – Mantener ágil la discusión

Proponer preguntas claves para ser consideradas,
Resumir las propuestas significativas,

Preguntar por cualquier clarificación necesaria,

Agrupar opiniones y hechos, y

Pedir ilustraciones y ejemplos.

3 – Resumir

Resumir los puntos en los que existe acuerdo en el grupo,

Pedir a los participantes que resuman sus puntos de vista,

Presentar el resumen final cuando se cierra la reunión,

¿Qué se decidió?,

¿Quién lo va a hacer? ¿Cuándo? (plan de acción), y

Fecha de la próxima reunión.

4 – Controlar la participación

Tener en cuenta a los miembros silenciosos,

Reconocer a los expositores, quien habla y cuando,

Contener a los expositores prolongados,

Hacer un seguimiento de los miembros, y

Tratar de mantener ordenado el flujo de la discusión.

5 – Actividades adicionales

Asegurar el confort necesario,

Utilizar pizarrón o rotafolios,

Recordar al grupo el tiempo disponible (máximo dos horas), y

Cerrar la reunión.

Es fundamental documentar adecuadamente cada uno de los pasos que el equipo va desarrollando hacia la resolución del problema planteado. Esta documentación, además de servir como elemento de consulta permanente para los propios miembros del grupo, será utilizada para realizar las presentaciones a quienes lideren el proceso y también servirá para demostrar en qué medida el grupo ha sido riguroso en la aplicación de la metodología.

e. Control de calidad

i. Leyes y reglamentos

Son los estatutos a los que la empresa debe someterse para poder vender productos y ofrecer servicios. Se basa principalmente en establecer a los empleados de la empresa o el proyecto, el reglamento vigente de diseño y construcción, para que con ello, todos trabajen bajo el mismo contexto y se tenga un mejor cumplimiento con las normas.

Así mismo, es importante que el encargado del proyecto o empresa haga saber a cada uno de sus empleados las leyes que se van a seguir en el trabajo, para que así no se presenten errores que puedan producir daños o pérdidas considerables a la empresa. El objetivo de las leyes es igualar el poder de negociación entre empleadores y empleados.

ii. Listas de chequeo

Esta herramienta utiliza preguntas orientadas a identificar problemas por áreas y sirven para motivar posibles soluciones o la detección de oportunidades de mejora. Para identificarlas es importante realizar un recorrido por la empresa siguiendo todas las etapas del sistema de producción. La información que complete en estas listas sólo será para uso interno de la empresa.

Es importante que las listas queden claramente establecidas e incluyan todos los aspectos que puedan aportar datos de interés para la organización. Es por ello preciso que quede correctamente recogido en la lista de control:

- ¿Qué tiene que controlarse o verificarse?,
- ¿Cuál es el criterio de conformidad o no conformidad (qué es lo correcto y qué lo incorrecto)?,
- ¿Cada cuánto se inspecciona: frecuencia de control o verificación?,
- ¿Quién realiza la verificación y cuáles son los procedimientos aplicables?.

Conviene, por último, que se disponga de un apartado de observaciones con el fin de poder obtener información previa sobre posibles motivos que han causado la disconformidad.

Por otro lado, si se emplean estas listas para la obtención de datos, también se pueden utilizar en la construcción de gráficas o diagramas para controlar la evolución de una característica o actividad. También se utilizan para reportar diariamente el estado de las operaciones y poder evaluar la tendencia y/o dispersión de la producción, sin que sea necesaria la realización de estadísticas o gráficas de mayor complejidad.

iii. 5 “S” (Housekeeping)

Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

En Inglés se ha llamado “housekeeping” que traducido es “ser amos de casa también en el trabajo”.

Las Iniciales de las 5 S significan:

JAPONES	CASTELLANO
Seiri	Clasificación y descarte
Seiton	Organización
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Higiene y visualización
Shitsuke	Disciplina y compromiso

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad. Su aplicación mejora los niveles de:

1. Calidad,
2. Eliminación de tiempos muertos, y
3. Reducción de costos.

La aplicación de esta técnica requiere el compromiso personal y duradero para que la empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Los primeros en asumir este compromiso son los gerentes y los jefes y la aplicación de esta es el ejemplo más

claro de resultados a corto plazo. Es un enfoque en el que se mantiene el lugar de trabajo en orden.

iv. Inspección

Inspección procede del latín inspectio y hace referencia a la acción y efecto de revisar. Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

El objetivo de una inspección es hallar características físicas significativas para determinar cuáles son normales y distinguirlas de aquellas características anormales. En este sentido, es la revisión por parte de los trabajadores o supervisores para asegurar la calidad, de los trabajos en un sitio de construcción.

v. Muestreo

Se selecciona una muestra, entendiendo por tal una parte representativa del producto. El muestreo es una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

La muestra debe lograr una representación adecuada de la población del producto, en la que se reproduzcan de la mejor manera los rasgos esenciales de dicho producto, que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en los productos, es decir ejemplificar las características de ésta. Así, es el uso de varios productos seleccionados al azar para verificar que cumplen con los estándares de calidad requeridos.

vi. Auditorías de calidad

La norma UNE-EN ISO 9000:2000 define la auditoría de calidad como el:

“Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría”

Los diferentes actores en una auditoría son:

- Auditor/es: son las personas que llevan a cabo la auditoría. Sólo las personas que cumplen con ciertos requisitos necesarios pueden realizar una auditoría de calidad,
- Auditado: Es la organización o parte de la organización que se somete a la auditoría, y
- Cliente: persona u organización que solicita la auditoría.

El cliente y el auditado pueden pero no tienen por qué ser la misma persona u organización. En esencia, es una revisión, por parte de un tercero, de las prácticas de calidad dentro de una empresa.

vii. Relación con contratistas y/o proveedores

Alianzas con compañías que han demostrado la capacidad de proveer productos y servicios que cubren con los estándares de calidad demandados. En esta herramienta es necesario tener una amplia visión de cómo se encuentra en la actualidad el mercado, ya que los proveedores son una parte clave en los proyectos. Es por ello que se deben de analizar muy detenidamente los proveedores o contratistas que se van a contratar.

Se recomienda generar una base de datos de los proveedores o contratistas con los que se ha ido trabajando durante las diferentes etapas de los proyectos que las empresas han desarrollado. En esta base de datos se conservarán los proveedores que han dado buenos resultados y costos a la empresa. Es necesario tener esa información para no estar cambiando de proveedor en cada proyecto ya que eso podría generar retrasos en el producto y mala calidad en el material que lo conforma.

f. Medidas de desempeño

i. Encuestas de satisfacción del cliente

Es un estudio empírico basado en la observación para determinar el grado de satisfacción del encuestado. La encuesta suele obtener la información a partir de un cuestionario que puede ser respondido de manera presencial en papel. Las encuestas de satisfacción suelen tener por

finalidad conocer el grado de satisfacción de un público objetivo ante un servicio ofrecido o la valoración de un conjunto de circunstancias.

Entonces, se trata de cuestionarios que se distribuyen entre los clientes de un producto o servicio para determinar qué tan satisfechos están con su calidad. Es necesario analizar los resultados obtenidos, y trabajar sobre los problemas que fueron más demandados en estos cuestionarios, ya que con ello se logrará una mejor calidad del producto final y la satisfacción del cliente.

ii. Quejas

Este es el mecanismo que facilita al usuario la presentación por escrito de sugerencias en la empresa donde se llegara a presentar la problemática. Son las notas que los clientes hacen llegar a la empresa, expresando sus motivos de descontento.

La instalación de buzones de quejas se realizará en las áreas de la empresa donde haya una mayor afluencia de los clientes. Deberán estar a la vista del cliente, tener fácil acceso y contarán con la señalización adecuada y necesaria para su instalación.

Es de suma importancia que exista un encargado de estar al pendiente de que cada una de las quejas que lo clientes expresen se resuelvan a cabalidad, para que con ello el nivel de satisfacción del cliente sea mayor. Así mismo, es relevante hacerle saber al usuario que su petición ha sido atendida.

iii. Litigios

La palabra se utiliza como adjetivo para referirse a procesos judiciales en desarrollo. Estos procesos varían en el tiempo y todo depende de la manipulación de pruebas y testigos que se tengan para soportar un caso.

Así, son las disputas legales en las que el cliente demanda a la empresa por no haber cumplido con las expectativas del primero. Los servicios especializados en litigios de alto nivel

involucran demandas cuantiosas por concepto de daños y perjuicios, derivadas tanto de incumplimientos contractuales como de hechos ilícitos en general.

Esta supervisión judicial abarca todo el campo legal, está presente en procesos que demandan resoluciones que indican un estado demandante, es decir, cuando varios actores realizan una demanda en conjunto, a esto se le llama “Litisconsorcio” y cuando el proceso tarda, no está lista, y no hay sentencia firme se le llama “Litispendencia”.

iv. Análisis del objetivo de cada departamento

Es una técnica que sirve para verificar que no hay repetición de tareas entre departamentos. Los resultados pueden conducir a la eliminación de departamentos que no añaden valor a las operaciones de la empresa. Se basa principalmente en establecer en cada uno de los departamentos las tareas que se tienen que desarrollar en cada uno de ellos, y así mismo, atender las necesidades de cada uno de ellos y revisar los resultados que están dando. Analizar los resultados que cada departamento está generando a la empresa, para ver si se cumple con la misión del proyecto o empresa.

Es necesario que cada departamento tenga su reglamento interno para así agilizar los trabajos que están desarrollando, en caso de no cumplir con los resultados se deberán de tomar cartas en el asunto y analizar si ese departamento debe tener algún cambio o definitivamente desaparecer.

g. Tecnología

i. Software de planeación (ejemplo: primavera, ms Project)

Este software encierra un conjunto de actividades, una de las cuales es la estimación. Estimar es dar un vistazo al futuro aceptando cierto grado de incertidumbre. Aunque la estimación, es más un arte que una Ciencia, es una actividad importante que no debe llevarse a cabo de forma descuidada. Existen técnicas útiles para la estimación de costos y tiempos. Y dado que la estimación es la base de todas las demás actividades de planificación del proyecto, sirve como guía para una buena Ingeniería, es necesario usar paquetes computacionales para facilitar estas tareas.

ii. Software de diseño (ejemplo: AutoCad)

Es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. Es utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos.

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, material, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además se pueden renderizar los modelos 3D para obtener una previsualización realista del producto.

Entonces, es una herramienta de cómputo que facilita el diseño de un producto. (ej. Autocad).

iii. Software de cálculo (ejemplo: SAP 2000)

El software de cálculo es una herramienta de cómputo que agiliza los cálculos durante el desarrollo de un producto (ej. Sap 2000). Es un paquete a través del cual se pueden usar datos numéricos y realizar cálculos automáticos de números que están en una tabla. También es posible automatizar cálculos complejos al utilizar una gran cantidad de parámetros y al crear tablas llamadas hojas de trabajo.

iv. Red de computadoras (ejemplo: e-mail)

Una red de computadoras, es un conjunto de máquinas donde cada uno de los integrantes comparte información, servicios y recursos con el otro. Por lo general se habla de red informática ya que es habitual que, además de las computadoras, se utilicen otros equipos complementarios para facilitar la comunicación (como un router o un switch).

Es fundamental establecer también que para que exista una red de computadoras como tal, es imprescindible que haya los siguientes elementos:

- Ordenadores,
- Sitios de trabajo,
- Tarjetas de red, y
- Tipos de servidores.

Entre estos últimos se encuentran los de impresiones, los de telefonía, los web, los de correo y los de autenticación. Por ello se considera en este trabajo como un “conjunto de computadoras conectadas entre sí que permiten compartir información (ej. E-mail)”.

ANEXO C
CUESTIONARIO PARA LA INVESTIGACIÓN SOBRE HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEXICANA

Introducción

Este cuestionario es parte de un estudio que pretende determinar la amplitud de uso de las diferentes herramientas de calidad, en la industria de la construcción Mexicana. Los resultados se usaran con fines de investigación y servirán de base para el desarrollo de un modelo capaz de indicar las técnicas mas adecuadas para aumentar la calidad en los proyectos de construcción, en función del tipo de proyecto. De ninguna forma se intentara identificar a las empresas o a los individuos que tomen parte en el estudio.

Instrucciones

El cuestionario consta de cuatro secciones. Por favor indique por medio de una cruz (X) las opciones mas apropiadas o complete las preguntas en los espacios dados.

Sección I – Información General

En esta sección se solicita información general de la empresa.

1 – ¿Cuál es el número aproximado de empleados en la compañía?

250 o menos Más de 250

2 – ¿Qué tipo de proyectos se llevan a cabo? (Por favor indique tantas opciones como sea necesario)

Edificación Obra civil Otro (Por favor especificar):

3 – ¿En que etapa(s) del proceso de construcción participa la compañía?

Anteproyecto Diseño Concurso Construcción
 Entrega de obra Otro (Por favor especificar): _____

Sección II – Iniciativas de Calidad

Esta sección indaga las iniciativas, que para mejorar la calidad, la compañía ha implementado. Si la empresa no cuenta con sistema de calidad alguno, entonces diríjase a la sección III.

4 – ¿Está la compañía certificada con la norma ISO-9001? Si No

5 – Si es así, ¿en qué año obtuvo el certificado? Año _____

6 – ¿Está la compañía certificada con la norma ISO-14001? Si No

7 – Si es así, ¿en qué año obtuvo el certificado? Año _____

8 – ¿Está la compañía certificada con alguna otra norma o sistema? Si No

9 – Si es así, ¿con cuál? y ¿en qué año obtuvo el certificado?

Número _____ Año _____

10 – ¿Cuál(es) de las siguientes iniciativas se han implementado en la empresa?

Creación de un departamento de calidad Participación de los empleados para mejorar la calidad
 Programas de cambio de cultura Iniciativas para satisfacer a los clientes
 Desarrollo de estrategias de calidad total Otra (Por favor especificar):

11 – Aproximadamente, ¿cuándo se comenzaron a implementar estas iniciativas? Año _____

Sección III – Herramientas de Calidad

Esta sección considera el uso que la empresa hace de una variedad de herramientas, disponibles para mejorar la calidad de sus productos/servicios. Por favor indique el **nivel de uso** y la **importancia** que usted percibe de cada una de las herramientas listadas, dentro de su empresa.

(1) Muy bajo (2) Bajo (3) Moderado (4) Alto (5) Muy alto

Si la herramienta no le es familiar, no aplica al tipo de actividad de la empresa o no esta seguro de cómo contestar, por favor marque el **(0)**. (Nota: entre paréntesis encontrará algunas siglas en inglés, que indican el nombre de la técnica en dicho idioma).

Uso						Herramienta, técnica o método de calidad	Importancia percibida					
0	1	2	3	4	5		0	1	2	3	4	5
						Necesidades del cliente						
<input type="checkbox"/>	Encuestas a los clientes	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Entrevistas personales	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Entrevistas telefónicas	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Lluvia de ideas	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Grupos de enfoque	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>										
						Organización de las necesidades del cliente						
<input type="checkbox"/>	Diagramas de afinidad	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Diagramas de árbol	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Diagramas de matrices	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>										
						Métodos formales						
<input type="checkbox"/>	Función del despliegue de calidad (QFD)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Ingeniería concurrente (CE)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>										
						Planeación						
<input type="checkbox"/>	Enunciar la misión del proyecto o empresa	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Diagrama de barras de Gantt	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Método de la Ruta Critica (CPM)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Redes (PERT)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Trabajo en equipo	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Análisis del objetivo de cada departamento	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>										
						Control de calidad						
<input type="checkbox"/>	Leyes y reglamentos	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Listas de verificación	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	5Ss (Housekeeping)	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Inspección	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Muestreo	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Auditorias de calidad	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Relación con contratistas y/o proveedores	<input type="checkbox"/>										
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>										

0	Uso					Herramienta, técnica o método de calidad	0	Importancia percibida						
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5		
						Medidas para evaluar las iniciativas de calidad								
<input type="checkbox"/>	Encuestas de satisfacción del cliente	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Quejas	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Litigios	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>												
						Tecnología								
<input type="checkbox"/>	Software de planeación (ej: primavera, ms project)	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Software de diseño (ej: autoCAD)	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Software de cálculo (ej: SAP 2000)	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Red de computadoras (ej: e-mail)	<input type="checkbox"/>												
<input type="checkbox"/>	Otro (Por favor especificar):	<input type="checkbox"/>												

Sección IV – Asuntos Relacionados con la Calidad

En esta última sección se presentan algunos asuntos generales relacionados con la calidad.

- 12 – ¿Cree que la calidad de los productos/servicios de su empresa podría ser mejorada? Si No
- 13 – ¿Los gerentes de su empresa están comprometidos con la calidad? Si No
- 14 – ¿Los empleados de su empresa reciben entrenamiento en alguna de las herramientas listadas en la sección III? Si No
- 15 – ¿En su compañía se reconocen los esfuerzos de los equipos? Si No
- 16 – ¿En su compañía se reconoce el esfuerzo de los individuos? Si No
- 17 – ¿Le gustaría recibir los resultados de este estudio? Si No
- (Si es así, anexe una tarjeta personal o de la empresa)**

Comentarios adicionales (opcional): Gracias por la iniciativa, por favor manténgame enterado de sus avances, resultados y propuestas. _____

**GRACIAS POR COMPLETAR EL CUESTIONARIO
TODAS LAS RESPUESTAS SERAN TRATADAS ANONIMAMENTE.**

ANEXO D.- EVALUACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD.

Tabla D. 1 Evaluación para grupo de Necesidades del cliente.

Criterio	Enunciados	Encuestas a los clientes	Entrevistas personales	Entrevistas telefónicas	Lluvia de ideas	Grupos de enfoque
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	9.00	3.00	9.00	1.00	1.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	9.00	9.00	3.00	1.00	1.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	3.00	3.00	9.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	1.00	1.00	3.00	3.00	9.00
	Promedio Costo	6.20	5.00	5.40	3.40	4.60
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	9.00	9.00	9.00	3.00	3.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	3.00	3.00	1.00	3.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3.00	9.00	1.00	9.00	9.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	1.00	1.00	1.00	3.00	9.00
	Promedio Alcance	4.00	5.50	3.00	4.50	7.50
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	1.00	3.00	1.00	9.00	9.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	1.00	1.00	3.00	9.00	3.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	1.00	1.00	3.00	9.00	3.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00
	Promedio Integración	1.00	1.40	2.20	5.80	3.40
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	9.00	1.00	9.00	3.00	1.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	9.00	1.00	9.00	1.00	1.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	9.00	3.00	9.00	3.00	1.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	3.00	9.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio Facilidad	7.80	3.40	6.20	2.20	1.40

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	3.00	3.00	1.00	9.00	3.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	3.00	3.00	1.00	3.00	3.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	1.00	3.00	1.00	9.00	9.00
	Promedio Bibliografía	2.00	2.50	1.00	5.50	4.00
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	9.00	3.00	9.00	1.00	1.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	9.00	9.00	9.00	1.00	1.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	9.00	1.00	1.00	1.00	3.00
	Promedio Madurez	9.00	4.33	6.33	1.00	1.67
	ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	9.00	3.00	9.00	3.00
Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado		3.00	3.00	3.00	1.00	1.00
Poco tiempo se necesita para impartir los cursos		9.00	9.00	9.00	3.00	3.00
Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica		3.00	3.00	9.00	3.00	9.00
Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método		9.00	3.00	9.00	1.00	9.00
Promedio Entrenamiento	6.60	4.20	7.80	2.20	4.60	
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	3.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	Promedio Requerimientos	7.00	9.00	3.00	5.00	5.00

Tabla D. 2 Evaluación para grupo de Organización de necesidades

Criterio	Enunciados	Diagramas de Afinidad	Diagramas de árbol	Diagramas de Matrices
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	9.00	9.00	3.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	9.00	9.00	9.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	3.00	3.00	3.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	3.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	1.00	1.00	1.00
	Promedio Costo	5.00	5.00	3.80
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	3.00	1.00	3.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	1.00	1.00	3.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3.00	3.00	3.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	1.00	1.00	3.00
	Promedio Alcance	2.00	1.50	3.00
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	3.00	1.00	3.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	1.00	1.00	3.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	Promedio Integración	6.20	5.80	6.60
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	3.00	3.00	1.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	3.00	3.00	3.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	3.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	3.00	3.00	1.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	3.00	3.00	1.00
	Promedio Facilidad	3.00	3.00	1.80

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	9.00	9.00	9.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	9.00	9.00	9.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	3.00	3.00	3.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	9.00	9.00	9.00
	Promedio Bibliografía	7.50	7.50	7.50
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	3.00	3.00	1.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	9.00	9.00	9.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	9.00	9.00	9.00
	Promedio Madurez	7.00	7.00	6.33
ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	3.00	3.00	9.00
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	1.00	1.00	1.00
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	9.00	9.00	3.00
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	9.00	9.00	3.00
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	9.00	9.00	9.00
	Promedio Entrenamiento	6.20	6.20	5.00
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	9.00	9.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	9.00	9.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9.00	9.00	9.00
	Promedio Requerimientos	9.00	9.00	9.00

Tabla D. 3 Evaluación para grupo de Métodos Formales

Criterio	Enunciados	QFD	TRIZ	CE
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	1.00	3.00	1.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	3.00	3.00	3.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	3.00	3.00	3.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	3.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	1.00	1.00	3.00
	Promedio Costo	2.20	2.60	2.60
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	3.00	9.00	9.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	3.00	9.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3.00	9.00	3.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	3.00	9.00	9.00
	Promedio Alcance	3.00	9.00	7.50
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	3.00	9.00	9.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	3.00	9.00	3.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00
	Promedio Integración	6.60	9.00	7.80
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	1.00	1.00	3.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	1.00	3.00	1.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	1.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	3.00	3.00	1.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	3.00	3.00	3.00
	Promedio Facilidad	1.80	2.60	2.20

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	3.00	1.00	1.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	3.00	1.00	3.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	3.00	1.00	1.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	3.00	1.00	3.00
	Promedio Bibliografía	3.00	1.00	2.00
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	1.00	1.00	1.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	9.00	3.00	1.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	3.00	3.00	1.00
	Promedio Madurez	4.33	2.33	1.00
ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	1.00	1.00	3.00
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	3.00	1.00	3.00
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	1.00	1.00	1.00
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	1.00	1.00	3.00
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	3.00	3.00	1.00
	Promedio Entrenamiento	1.80	1.40	2.20
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	3.00	9.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	3.00	3.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9.00	3.00	3.00
	Promedio Requerimientos	9.00	3.00	5.00

Tabla D. 4 Evaluación para grupo de Herramientas de Planeación y Programación

Criterio	Enunciados	Misión de proyecto/empresa	Diagrama Gantt	Método Ruta Crítica	Redes PERT	Trabajo en equipo
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	9.00	3.00	3.00	3.00	1.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Promedio Costo	9.00	5.40	5.40	5.40	2.60
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	1.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	1.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	1.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	1.00	3.00	1.00	1.00	9.00
	Promedio Alcance	1.00	6.00	2.50	2.50	7.50
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	1.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	1.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Integración	5.80	9.00	6.60	6.60	9.00
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	9.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	9.00	9.00	9.00	3.00	3.00
	Promedio Facilidad	9.00	6.60	4.20	3.00	5.40

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	9.00	3.00	3.00	1.00	9.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Bibliografía	9.00	7.50	7.50	7.00	9.00
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Promedio Madurez	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00
ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	9.00	9.00	3.00	3.00	1.00
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	1.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	9.00	9.00	9.00	3.00	3.00
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	9.00	9.00	9.00	9.00	1.00
	Promedio Entrenamiento	7.40	7.80	6.60	5.40	3.40
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Promedio Requerimientos	9.00	5.00	5.00	5.00	7.00

Tabla D. 5 Evaluación para grupo de Control de Calidad

Criterio	Enunciados	Leyes y Reglamentos	Listas chequeo	5 Ss	Inspección	Muestreo	Auditorías de calidad	Relación contratistas y/o proveedores
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	1.00	3.00	1.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	9.00	3.00	1.00	9.00	1.00	9.00	9.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	1.00	1.00	1.00	9.00	1.00	3.00	3.00
	Promedio Costo		5.80	5.00	1.80	9.00	2.20	7.80
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	9.00	3.00	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3.00	3.00	3.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00
	Promedio Alcance		6.00	4.00	5.50	7.50	6.00	6.00
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	1.00	3.00	1.00	3.00	9.00	3.00	9.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	9.00

	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Promedio Integración	7.40	7.80	3.80	5.40	4.20	6.60	7.80
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	3.00	3.00	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	3.00	3.00	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	3.00	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00	3.00	9.00
	Promedio Facilidad	4.20	4.20	5.40	4.20	4.20	3.00	4.20
BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	9.00	3.00	1.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	3.00	1.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00	9.00	3.00
	Promedio Bibliografía	9.00	7.50	2.50	9.00	7.50	7.50	2.50
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	3.00	3.00	1.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	3.00	3.00	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Promedio Madurez	5.00	5.00	4.33	5.00	3.00	3.00	9.00

ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	3.00	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	9.00	9.00	9.00	3.00	3.00	3.00	9.00
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	1.00	1.00	1.00	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Entrenamiento	5.00	6.20	5.00	5.40	5.40	4.20	6.60
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	9.00	1.00	3.00	3.00	9.00	9.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00	3.00	9.00	9.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9.00	9.00	3.00	9.00	3.00	3.00	9.00
	Promedio Requerimientos	9.00	9.00	4.33	7.00	3.00	7.00	9.00

Tabla D. 6 Evaluación para grupo de Medidas de desempeño

Criterio	Enunciados	Satisfacción del Cliente	Quejas	Litigios	Análisis Objetivo Departamento
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	3.00	3.00	1.00	3.00
	Promedio Costo	7.80	7.80	7.40	7.80
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	3.00	1.00	1.00	1.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	9.00	3.00	3.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	9.00	3.00	3.00	9.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	1.00	1.00	3.00	3.00
	Promedio Alcance	5.50	2.00	2.50	5.50
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	3.00	1.00	1.00	9.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	1.00	1.00	1.00	9.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Integración	6.20	5.80	5.80	9.00
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	1.00	1.00	3.00	3.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	3.00	3.00	3.00	9.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	1.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	3.00	9.00	3.00	3.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	3.00	9.00	3.00	3.00
	Promedio Facilidad	2.20	5.00	3.00	4.20

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	3.00	3.00	1.00	3.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	9.00	9.00	1.00	9.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	3.00	3.00	3.00	3.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	3.00	1.00	9.00	3.00
	Promedio Bibliografía	4.50	4.00	3.50	4.50
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	9.00	9.00	3.00	9.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	3.00	3.00	3.00	3.00
	Promedio Madurez	5.00	5.00	3.00	5.00
ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	9.00	9.00	3.00	9.00
	Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poco tiempo se necesita para impartir los cursos	3.00	9.00	3.00	3.00
	Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica	9.00	9.00	3.00	9.00
	Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Entrenamiento	6.60	7.80	4.20	6.60
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Requerimientos	9.00	9.00	9.00	9.00

Tabla D. 7 Evaluación para grupo de Tecnología

Criterio	Enunciados	Software Planeación	Software diseño	Software cálculo	Red de computadoras
COSTO [-]	Poca personal se requiere para aplicar la técnica	9.00	9.00	9.00	9.00
	Pocas instalaciones se necesitan para introducir la técnica	3.00	3.00	3.00	1.00
	Poca tecnología es requerida para usar el método	3.00	1.00	1.00	1.00
	Poco equipo se necesita para emplear la herramienta	3.00	3.00	3.00	1.00
	Poco tiempo se consume al usar la técnica	3.00	1.00	1.00	3.00
	Promedio Costo	4.20	3.40	3.40	3.00
ALCANCE [+]	El método puede jugar distintos papeles	9.00	3.00	3.00	9.00
	La herramienta ofrece muchos beneficios	9.00	9.00	9.00	9.00
	La técnica puede ayudar a resolver muchos problemas	3.00	3.00	3.00	9.00
	El método incluye el uso de muchas otras técnicas	3.00	9.00	9.00	3.00
	Promedio Alcance	6.00	6.00	6.00	7.50
INTEGRACIÓN [+]	Muchos métodos en uso se pueden complementar al introducir la técnica	3.00	3.00	3.00	9.00
	Muchos métodos en uso podrían emplearse en combinación con la herramienta	9.00	9.00	9.00	9.00
	La mayoría del equipo con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	3.00	3.00	9.00
	La mayoría de las instalaciones con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	3.00	3.00	9.00
	La mayoría de la tecnología con que cuenta la compañía puede usarse al aplicar el método	9.00	3.00	3.00	9.00
	Promedio Integración	7.80	4.20	4.20	9.00
FACILIDAD [+]	Pocos datos son necesarios para usar la herramienta	3.00	3.00	3.00	3.00
	La frecuencia de recolección de datos de entrada para el método es baja	3.00	3.00	3.00	3.00
	Poca inconveniencia para recolectar los datos	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocos pasos han de seguirse para aplicar el método	1.00	1.00	1.00	1.00
	Pocos problemas surgen al emplear la herramienta	1.00	1.00	1.00	3.00
	Promedio Facilidad	2.20	2.20	2.20	2.60

BIBLIOGRAFÍA [+]	Muchos libros acerca de la herramienta existen dentro de la compañía	9.00	9.00	9.00	9.00
	Muchos libros acerca del método se podrían comprar	9.00	9.00	9.00	9.00
	Muchos artículos acerca del uso de la técnica se pueden conseguir	9.00	9.00	9.00	9.00
	Muchos expertos ofrecen sus servicios para soportar la aplicación del método	9.00	9.00	9.00	9.00
	Promedio Bibliografía	9.00	9.00	9.00	9.00
MADUREZ [-]	Poca experiencia en el uso de herramientas para el mejoramiento de calidad es necesaria	3.00	3.00	3.00	9.00
	Pocos cambios en la cultura organizacional se requieren para implementar el método	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pocas modificaciones en la estructura organizacional se necesitan para usar la técnica	9.00	9.00	9.00	3.00
	Promedio Madurez	5.00	5.00	5.00	5.00
	ENTRENAMIENTO [-]	Poco entrenamiento es requerido para implementar la herramienta	1.00	1.00	1.00
Muchos cursos sobre el tema se ofrecen en el mercado		9.00	9.00	9.00	9.00
Poco tiempo se necesita para impartir los cursos		1.00	1.00	1.00	9.00
Poco entrenamiento avanzado se requiere para poder seguir aplicando la técnica		1.00	1.00	1.00	3.00
Poca gente dentro de la empresa necesita entrenamiento en el manejo del método		9.00	9.00	9.00	9.00
Promedio Entrenamiento		4.20	4.20	4.20	6.60
REQUERIMIENTOS [-]	Pocas instalaciones nuevas son requeridas para emplear el método	3.00	3.00	3.00	1.00
	Poca tecnología nueva es necesaria para emplear la técnica	1.00	1.00	1.00	3.00
	Poco equipo nuevo es requerido para implementar la herramienta	3.00	3.00	3.00	1.00
	Promedio Requerimientos	2.33	2.33	2.33	1.67

ANEXO E.

**CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE SISTEMA EXPERTO PARA
SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD.**

Previo a presentar el código utilizado para el desarrollo del sistema experto es importante aclarar que los valores de que toman las variables ETAPA, GRUPO y auxh1 a auxh6, serán los correspondientes a los presentados en las siguientes tablas.

Tabla E. 1. Relación de valores que toma la variable ETAPA

Valor	Nombre
1	Identificación de la problemática
2	Anteproyecto
3	Estudio de factibilidad
4	Diseño
5	Licitación
6	Construcción
7	Entrega

Tabla E. 2. Relación de valores que toma la variable GRUPO

Valor	Nombre
1	Necesidades del cliente
2	Organización de las necesidades del cliente
3	Métodos formales
4	Planeación
5	Control de calidad
6	Medidas para evaluar las iniciativas de calidad
7	Tecnología

Tabla E. 3. Relación de valores que toman las variables de auxh1 a auxh6

Valor	Nombre	Valor	Nombre
1	Encuestas a los clientes	17	Leyes y reglamentos
2	Entrevistas personales	18	Listas de chequeo
3	Entrevistas telefónicas	19	5Ss (Housekeeping)
4	Lluvia de ideas	20	Inspección
5	Grupos de enfoque	21	Muestreo
6	Diagramas de afinidad	22	Auditorias de calidad
7	Diagramas de árbol	23	Relación con contratistas y/o proveedores
8	Diagramas de matrices	24	Satisfacción del cliente
9	Función para desplegar calidad (QFD)	25	Quejas
10	Teoría para resolver problemas inventivos (TRIZ)	26	Litigios
11	Ingeniería concurrente (CE)	27	Análisis del objetivo de cada departamento
12	Enunciar la misión del proyecto o empresa	28	Software de planeación
13	Diagrama de barras de Gantt	29	Software de diseño
14	Método de la Ruta Critica (CPM)	30	Software de cálculo
15	Redes (PERT)	31	Red de computadoras
16	Trabajo en equipo		

Tabla E. 4. Valores que se le asignan a los Criterios de selección proporcionados por el usuario

Valor	Criterio
1	Costo
2	Alcance
3	Integración
4	Bibliografía
5	Entrenamiento
6	Facilidad
7	Requerimientos
8	Madurez

'CÓDIGO PARA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONTRUCCIÓN.

Elaborado por: Cynthia Chrystell Cruz Cruz y Pedro Yair Vences García

Diciembre 2014

'COMIENZAN ACCIONES QUE SE REALIZARAN CUANDO EL USUARIO DE CLIC EN EL BOTÓN “ENVIAR”

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
'Declaración de variables
```

```
Dim ETAPA As Integer
```

```
Dim GRUPO As Integer
```

```
Dim auxh1 As Integer
```

```
Dim auxh2 As Integer
```

```
Dim auxh3 As Integer
```

```
Dim auxh4 As Integer
```

```
Dim auxh5 As Integer
```

```
Dim auxh6 As Integer
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("C22") = "") Then
```

```
MsgBox "ELIJE GRUPO"
```

```
GRUPO = Sheets("selec_herr").Range("C27").Value
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H22") = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H23") = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H24") = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H25") = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H26") = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H27") = 0
```

```
ElseIf Sheets("selec_herr").Range("C22") = ComboBox4 Then
```

```
GRUPO = Sheets("selec_herr").Range("C23").Value
```

```
End If
```

Toma los valores de la selección de etapa

```
ETAPA = Sheets("selec_herr").Range("B23").Value
```

Toma los valores de la selección de Grupo

```
'GRUPO = Sheets("selec_herr").Range("C23").Value
```

Si el usuario selecciona: Identificación de la problemática y Necesidades del Cliente.

```
If (ETAPA = 1 And GRUPO = 1) Then
```

```
    auxh1 = 1
```

```
    auxh2 = 2
```

```
    auxh3 = 4
```

```
    auxh4 = 5
```

```
    auxh5 = 0
```

```
    auxh6 = 0
```

```
    auxh7 = 0
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H22") = auxh1
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H23") = auxh2
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H24") = auxh3
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H25") = auxh4
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H26") = auxh5
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H27") = auxh6
```

```
Sheets("selec_herr").Range("H28") = auxh7
```

```
End If
```

Siguiendo esta misma lógica, el resto de las combinaciones entre Etapa y Grupo, se programaron de manera similar, la diferencia es el valor de las variables auxiliares, lo cual obedece a los resultados mostrados en la tabla 4.8 del capítulo cuatro.

Si el usuario ha completado la información solicitada, solo deberá dar clic en el botón ENVIAR, para que el sistema pueda trabajar y generar un resultado. Sin embargo si el usuario no ha introducido correctamente los datos solicitados se le enviará un mensaje de alerta para que introduzca de manera adecuada los datos solicitados.

'Si el usuario no ha realizado correctamente el llenado de datos en el Formulario 1

```
If (Sheets("selec_herr").Range("O22") = 10) Then  
MsgBox (Sheets("selec_herr").Range("P22").Value)  
End If
```

'Se verifica que el Formulario 1 ha sido completado

```
If (Sheets("selec_herr").Range("O22") <> 10) Then
```

'Al haber completado el formulario 1, cerrar formulario 1 para abrir el de los resultados (Formulario 2)

```
UserForm1.Hide  
UserForm2.Show  
End If
```

'Terminan acciones; que se realizaran cuando el usuario de clic en el botón "Enviar"

```
End Sub
```

En la siguiente sección del código se describe la manera en que se cargará el cuadro de opciones en la pregunta dos, del formulario, en la que se pregunta para qué tareas será empleada la herramienta de gestión de calidad. De nuevo los elementos que se consideran para esta parte del código se basan en la tabla 4.8 del capítulo cuatro. Por ejemplo en la etapa 1-Identificación de la Problemática, el grupo de herramientas que se consideró, no podrían ser utilizadas en esta etapa, debido a la naturaleza de las actividades desarrolladas en la misma, es la de *Métodos Formales y Medidas para evaluar las iniciativas de calidad*.

'EN ESTA SECCIÓN SE PROGRAMA LA FORMA EN QUE SE CARGARÁN LAS OPCIONES DE "TAREA PARA LA CUÁL SERÁ UTILIZADA LA HERRAMIENTA DE CALIDAD"

'Si el usuario elige la etapa Identificación de la Problemática, las opciones de "tareas" (ComboBox 4) son,

```
Private Sub OptionButton1_Click()  
    Sheets("selec_herr").Range("B22") = 1
```

```
ComboBox4.Clear
```

```
ComboBox4.AddItem "Identificación de las Necesidades del Cliente"
```

```
ComboBox4.AddItem "Organización de las Necesidades del Cliente"
```

```
ComboBox4.AddItem "Planeación"
```

```
ComboBox4.AddItem "Control de Calidad"
```

```
ComboBox4.AddItem "Tecnología "
```

```
End Sub
```

El razonamiento utilizado para en el código mostrado arriba se repite para el resto de las 7 etapas de un proyecto de construcción.

Finalmente en el momento en que el usuario elegirá los 3 criterios de selección más importantes para él se plasmó de la siguiente manera en el código.

'SELECCIÓN DE CRITERIO 1

El criterio que selecciona el usuario se carga en celda D22

```
Private Sub ComboBox1_Change()
```

```
Sheets("selec_herr").Range("D22") = ComboBox1
```

El valor de 1 (correspondiente al criterio de Costo) se almacena en la celda D23,

‘1-Costo, 2-Alcance, 3-Integración, 4-Bibliografía, 5-Entrenamiento, 6-Facilidad, 7-Requerimientos, 8- Madurez

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 1) Then
```

```
TextBox12.Text = "Este criterio se refiere a que usted requiere RELATIVAMENTE POCA  
INVERSION"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 2) Then
```

```
TextBox12.Text = "Se refiere a la FLEXIBILIDAD DE LA HERRAMIENTA PARA SER  
UTILIZADA EN DIFERENTES TAREAS"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 3) Then
    TextBox12.Text = "Es la COMPLEMENTACIÓN CON OTROS MÉTODOS, EQUIPOS,
    INSTALACIONES Y TÉCNOLIGIAS EXISTENTES"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 4) Then
    TextBox12.Text = "Se refiere que la herramienta tiene GRAN VARIEDAD DE REFERENCIAS
    BIBLIOGRÁFICAS"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 5) Then
    TextBox12.Text = "La CAPACITACIÓN para el uso de esta herramienta es ACCESIBLE"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 6) Then
    TextBox12.Text = "Se refiere a la SENCILLEZ al aplicar la herramienta"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 7) Then
    TextBox12.Text = "Demanda poco EQUIPO, INSTALACIONES ADICIONALES Y
    TECNOLOGÍA"
```

```
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 8) Then
    TextBox12.Text = "No es necesario que su EMPRESA TENGA ALTA EXPERIENCIA EN
    CULTURA DE CALIDAD"
```

```
End If
```

```
'Termina selección de criterio 1
```

```
End Sub
```

La manera en que se programó la entrada del resto de los criterios es igual a la fracción del código mostrado con anterioridad.

Hasta este momento se ha descrito el código de programación utilizado para el apartado donde se seleccionan los parámetros de decisión.

En los siguientes párrafos se describirá la forma en que se programó la emisión de la respuesta por parte del sistema experto.

Recordemos que al dar clic en el botón de enviar de la pantalla anteriormente descrita aparece la pantalla de resultados, la cual se identifica con el nombre de UserForm2.

'Cerrar formulario para abrir el de los resultados

```
UserForm1.Hide  
UserForm2.Show
```

En dicha ventana se presenta la herramienta que se ajusta a los parámetros del usuario. La cual se proyecta en el TextBox12, el valor proyectado es el resultado de la evaluación (como se describe en el capítulo 4) y que se almacena en la celda P22

```
Private Sub UserForm_Activate()  
TextBox12.Text = Sheets("selec_herr").Range("P22")
```

'El valor de la celda Q22 se mostrará en el TextBox13

```
TextBox13.Text = Sheets("selec_herr").Range("Q22")
```

'En el TextBox14 se mostrara el texto enseguida referido, siempre y cuando se cumpla la condición de que en la celda D23 se tenga el valor de 1, por ejemplo.

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 1) Then  
    TextBox14.Text = "su utilización requiere relativamente poca inversión"  
End If
```

```
If (Sheets("selec_herr").Range("D23") = 2) Then  
    TextBox14.Text = "es flexible para ser utilizada en diferentes tareas"  
End If
```

En el TextBox 13, se imprime una breve descripción de en qué consiste la herramienta de gestión de calidad sugerida por el sistema.

Por otro lado se presenta también un resumen de los criterios que el usuario seleccionó, los cuales aparecen en el TextBox14, TextBox15 y TextBox16. Es preciso aclarar que el valor de la celda D23 es el número que corresponde al criterio seleccionado, así el valor de 1 corresponde al criterio de costo, de acuerdo con la tabla 4 del presente anexo.

Finalmente los botones OTRA SELECCIÓN y SALIR fueron programados con el siguiente código.

'Otra selección de herramientas, el usuario sale de la pantalla del UserForm 2 se muestra la pantalla del UserForm1 de manera que el usuario pueda cambiar solo algunos aspectos en los parámetros de decisión.

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Unload Me  
UserForm1.Show  
End Sub
```

'Al dar clic en Salir se cerrara el archivo de Excel, por tanto se saldrá del sistema.

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
ActiveWorkbook.Save  
Application.Quit  
End Sub
```