



UNIVERSIDAD VILLA RICA

**ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS
CONSTRUCTORAS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

PRESENTA:

KARLA CAMPA SILVA

DIRECTOR DE TESIS

ING. JUAN SISQUELLA MORANTE

REVISOR DE TESIS

ING. JOSÉ VLADIMIRO SALAZAR SIQUEIROS

BOCA DEL RÍO, VER.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: Metodología	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivo específico	6
1.4 Supuesta preliminar	7
1.5 Diseño metodológico	8
1.5.1 Método	8
1.6 Alcance	9
CAPÍTULO II: Calidad en empresas constructoras.	10
2.1 Introducción	10
2.2 Aspectos generales de la calidad.	11

2.3 Definición de calidad.	12
2.4 Los ocho principios de Gestión de la calidad	18
2.4.1 Principio 1: Organización enfocada al cliente	19
2.4.2 Principio 2: Liderazgo	20
2.4.3 Principio 3: Participación del personal	22
2.4.4 Principio 4: Enfoque basado en procesos	23
2.4.5 Principio 5: Enfoque del sistema para la gestión	24
2.4.6 Principio 6: Mejora continua	25
2.4.7 Principio 7: Enfoque objetivo hacia la toma de decisiones basada en hechos	26
2.4.8 Principio 8: Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor	27
2.5 Impacto de la calidad en empresas constructoras	28
2.5.1 Mala calidad	29
2.6 Ventajas de la calidad en empresas constructoras.	31
2.7 Estrategias para lograr la calidad	32
2.7.1 Cultura de la calidad	35
2.8 Método para evaluar y controlar la calidad	35
2.8.1 Técnicas de Benchmarking	37
2.8.2 Soluciones con tormentas de ideas	39
2.8.3 Listas de comprobación	39
2.8.4 Gerencia total de productividad y calidad (TPQM)	40

2.8.5 Control estadístico de procesos (CEP)	42
CAPÍTULO III: Definición de Calidad Total	47
3.1 El mejoramiento continuo	48
3.2 Proceso de la Calidad Total	50
3.3 La Calidad Total como estrategia de competitividad para las empresas mexica	52
CAPÍTULO IV: Productividad en la construcción	55
4.1 Definición de productividad	56
4.2 Impacto de la productividad en empresas de construcción	57
4.3 Estrategias para mejorar la productividad	59
4.4 Ventajas de la producción en empresas de construcción	60
4.5 Métodos para evaluar y controlar la productividad	61
4.5.1 Estudio de trabajo	62
4.5.2 Muestreo de Actividades.	73
4.5.3 Incentivos.	75
4.5.4. Modelo de los factores.	80
CAPÍTULO V: Planeación Tradicional	85
5.2. Codificación de las actividades.	86
5.2.1. Flechas	86
5.2.2. Nodos	87

5.2.3. Actividades ficticias	87
5.2.4. Método de numeración de los eventos	88
5.3. Reglas básicas para la construcción de una red de CPM	88
5.4.- Cálculo de tiempo de los eventos	89
5.4.1. Duración (D)	89
5.4.2. Tiempo más temprano o primer inicio (PI)	89
5.4.3. Tiempo más tardío o última terminación (UT)	89
5.4.4. Primera terminación (PT)	89
5.4.5. Último inicio (UI)	90
5.4.6. Tiempo cero	90
5.4.7. Holgura total (HT)	90
5.4.8. Holgura libre (HL)	91
5.5. Ruta Crítica	91
5.6. Ajustes de tiempo-costos.	91
CAPÍTULO VI: Aplicación	94
6.1. Información general	94
6.1.1. Nombre del proyecto	94
6.1.2. Ubicación de la obra	94
6.1.3. Dependencia responsable del proyecto	95
6.1.4. Procedimiento constructivo	95
6.2. Programación	96

6.3. Medición de la productividad.	98
6.3.1. Aplicación del modelo de los factores.	99
6.3.2. Aplicación de medición del trabajo o estudio de tiempos	102
6.3.3. Aplicación del estudio de métodos.	111
6.4. Factores asociados al comportamiento de la productividad.	116
6.5. Medición de la calidad.	118
6.5.1. Aplicación de gerencia total de la calidad y productividad (TPQM).	119
CAPÍTULO VII: Conclusiones	128
BIBLIOGRAFÍA	133
Planta Arquitectónica.	
Instalación Eléctrica.	
Fachada Principal.	
Presupuesto.	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listas de comprobación de calidad del producto	39
Tabla 2. Costos directos y duraciones normales de obra	96
Tabla 3. Cálculo de la ruta crítica del proyecto	97
Tabla 4. Resultados de la TUP	99
Tabla 5. Cuadro de clasificaciones	103
Tabla 6. Medición del tiempo básico	104
Tabla 7. Normativa de tolerancia de relajación	108
Tabla 8. Obtención del tiempo estandar	109
Tabla 9. Símbolos ASME	112
Tabla 10. Mapa de flujo de las actividades para construir muros de block	113
Tabla 11. Resumen de actividades de mano de obra en la construcción de muros de block	115
Tabla 12. Costos directos ajustados	118
Tabla 13. Tabla de Pareto antes de implementación de cambios	123
Tabla 14. Cambios y personas encargadas	124
Tabla 15. Tabla de Pareto después de implementación de cambios	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema pobre de producción	15
Figura 2. Diagrama causa-efecto	46
Figura 3. El mejoramiento continuo	49
Figura 4. La construcción como proceso de conversión abierto	81
Figura 5. Representación detallada del modelo de los factores	82
Figura 6. Flechas	86
Figura 7. Nodos	87
Figura 8. Actividades Ficticias	87
Figura 9. Ruta critica original del proyecto	97
Figura 10. Contraste de tiempos básicos y tiempos estandar	110
Figura 11. Tiempo de las actividades de mano de obra en la contrucción de muros de block	114
Figura 12. Diagrama causa y efecto para las actividades de muro de block	121
Figura 13. Gráfica de Pareto antes de implementación de cambios	123
Figura 14. Gráfica de Pareto después de implementación de cambios	126
Figura 15. Mejora continua	127

INTRODUCCIÓN

En vista de la situación económica actual, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, el hombre de negocios debe estar consciente de la necesidad de que la empresa genere bienes y/o servicios de calidad, para que pueda satisfacer las necesidades de sus clientes, estar en nivel competitivo, crecer en su mercado, y lograr así la productividad requerida. La base inicial de toda empresa constructora para contar con su estructura de Calidad, es establecer una organización que determine sus objetivos de trabajo, las características necesarias de actuación de su directivo de mayor jerarquía para construir un liderazgo de calidad, las políticas, los procedimientos, la integración de su personal y el ambiente en el que éste desarrollará sus actividades para poder alcanzar la excelencia.

La necesidad de que las empresas y organizaciones de todo el mundo mejoren su calidad y productividad, como una condición necesaria para poder competir y sobrevivir en los mercados.

Cabe mencionar que un sistema de Calidad total ha permitido a empresas de todo el mundo reestructurar su funcionamiento para enfrentar los nuevos retos de los mercados globalizados. Las organizaciones que en ello han tenido éxito han logrado eliminar de raíz mucho de los problemas que causan las ineficiencias, la baja productividad y pobre competitividad. La implantación de sistemas de calidad ha tenido como objetivo básico complementar los requisitos técnicos sobre los productos y servicios, para garantizar así que la calidad sea alcanzada de manera consistente.

En estos tiempos el cliente al que enfrentan las empresas en el mercado es un cliente evolucionado, más informado, más atento y racional en sus elecciones, transformándolo en un consumidor más exigente. Este cliente no está dispuesto a tolerar la falta de calidad, el mal servicio y no acepta excusas, por lo que la calidad total representa una forma de no ir a la zaga de las exigencias del cliente sino, por el contrario, de suscitar continuamente su curiosidad, captar sus exigencias y aumentar permanentemente su satisfacción. Si se suma a esto que la calidad es una oportunidad de incrementar la riqueza y que es rentable, es decir, que los procesos se supervisan desde su origen evitando costos innecesarios y garantizando al final productos bien elaborados, se puede suponer que las empresas que se caracterizan por la calidad de sus productos y de sus servicios sobreviven en el mercado, alcanzan notoriedad y prosperan; la calidad sin duda ha sido el concepto soporte más importante para la competitividad.

Por otro lado, la productividad es considerada como la clave para la rentabilidad del negocio; es el resultado de cómo se administran los procesos para la producción de bienes o servicios con base en la implantación de innovaciones tanto en lo que se refiere a los productos como a sus procesos.

Para que un proceso mejore, se requiere que sucedan cuatro cosas simultáneamente:

- Querer mejorar (incluye la actitud).
- Poder mejorar (incluye el saber cómo y el tener con qué).
- Actuar en consecuencia (incluye la aceptación y la voluntad).
- Deseo de la gerencia (incluye una nueva visión).

Por todo lo anterior, el trabajo que a continuación se presenta tiene por objeto exponer los conceptos de calidad y productividad enfocados a las empresas constructoras y con base en un proyecto realizado en el área de construcción, se utilizan tres métodos para evaluar la productividad, que pueden servir como herramienta para comparar los datos de rendimiento del proyecto con otras empresas, determinar el tiempo que tardan algunas actividades y establecer los factores por los que no se logró la productividad planeada. Una vez obtenidos los datos, es necesario evaluar los problemas generados en base a actividades con baja productividad, con la ayuda de un método relacionado con la calidad para resolverlos y lograr con esto una mejora continua.

CAPÍTULO I: Metodología

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, la mayor parte de los estudiantes egresados de la Licenciatura en Ingeniería Civil, tienen como objetivo trabajar en una empresa constructora para obtener experiencia e incorporarse a una empresa constructora, para después tener su propia empresa constructora, lo cual nos lleva a enfrentarnos con una serie de problemas al no contar con una bibliografía de consulta, donde se puedan hallar datos precisos, eficaces y confiables.

La decisión de realizar esta investigación es facilitar al estudiante, profesionalista o público en general, información valida y precisa.

Las personas relacionadas o interesada en este tema, se verán beneficiadas gracias a este trabajo que requerirá una búsqueda detallada y minuciosa, para poder adquirir el conocimiento requerido; aunque podemos decir

que si hay referencias de investigaciones del contenido de este documento pero no se encuentra toda la información concentrada en uno solo, esto es bastante preocupante si tomamos en cuenta que en muchas ocasiones no se dispone del tiempo suficiente para consultar diversos textos bibliográficos o las fuentes de información que en ocasiones no están al alcance del estudiante o profesionalista.

Debido a estas situaciones, es muy importante contar con un documento integral ó bibliografía que, mediante la información completa y adecuada ayude en la toma de decisiones que favorezcan a nuestra empresa constructora, incluso empresas en general. Hay que mencionar que también es importante tener un amplio conocimiento acerca de la Calidad Total, con respecto a nuestra rama de la ingeniería civil.

1.2 Justificación

Los tiempos que actualmente corren con cada vez más difíciles para toda corporación debido al proceso de cambio acelerado y de competitividad entre las empresas, provocado por la liberalización de las economías y el libre mercado, que vienen a caracterizar el entorno de convivencia para el sector empresarial. En este contexto, las empresas tienen que continuar asumiendo el papel que les corresponde para contribuir al crecimiento y desarrollo del país, logrando mayor

influencia al brindar productos y servicios de calidad¹. Debido a lo anterior, existe una enorme necesidad y una especie de obligación por parte de las empresas a funcionar de forma correcta y competitiva, es decir, productivamente y con calidad. Para ello, es importante esta investigación; recopilando información básica e indispensable para las personas, dedicadas a la administración de una empresa constructora, para poder mantenerla con altos niveles de calidad y productividad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proporcionar un documento que brinde información en la aplicación de la calidad y productividad en los procesos constructivos a estudiantes y profesionistas.

1.3.2 Objetivo específico

-Exponer la importancia de la Calidad Total y Productividad, alcanzando el objetivo de destacar a numerosos líderes en nuestro mercado.

¹ González, Encarnación, *Cultura empresarial para el siglo XXI*, Benchmarking, Universidad de Vigo. 1996

-Demostrar la importancia que tiene la calidad en los procesos constructivos en el ámbito de la construcción.

1.4 Supuesta preliminar

En la actualidad muchas veces resulta difícil y pesado realizar estudios acerca de cómo afecta la Calidad Total y Productividad en las empresas constructoras, esto es consecuencia de la necesidad de acudir de manera obligatoria a la diversidad de literatura y/o fuentes de información variada y dispersa que en muchas ocasiones inaccesible, por lo que se considera, por lo cual, es conveniente desarrollar este trabajo de recopilación de información, con el cual se pretende ofrecer documentalmente al estudiante, profesionista o empresario de este tipo de proyectos de ingeniería, un panorama amplio, real y claro, que funcione como una herramienta de consulta, trabajo y apoyo para sus tomas de decisiones.

Se busca en esta investigación que los lectores, de cualquier tipo, tengan un amplio conocimiento acerca de la Calidad Total y Productividad, así como de su verdadera y trascendental importancia, y así obtener un nivel alto de calidad y productividad en las empresas y mejora continua para ser una empresa competitiva y rentable.

1.5 Diseño metodológico

1.5.1 Método

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, -comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis .Miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así -y valga la redundancia- describir lo que se investiga.

Es necesario hacer notar que los estudios descriptivos *miden de manera más bien independiente los conceptos o variables con los que tienen que ver*. Aunque, desde luego, pueden integrar las mediciones de cada una de dichas variables para decir cómo es y se manifiesta el fenómeno de interés, su objetivo no es indicar cómo se relacionan las variables medidas.

Los descriptivos se centran en medir con la mayor precisión posible²

² Hernandez Sampieri, C. Roberto et.al., *Metodología de la Investigación*, México, Mc Graw-Hill, 1991, p.71-72.

1.6 Alcance

El objetivo de la investigación solo comprenderá la rama de la administración: Calidad Total y Productividad. Al ser este un estudio exclusivamente teórico, la información recopilada podrá ampliarse hacia otras ramas de la administración, pero en este trabajo, solo se limitara a dos de ellas, y poder ser consultada posteriormente.

CAPÍTULO II: Calidad en empresas constructoras.

2.1 Introducción

En la actualidad los consumidores se han vuelto más exigentes, más detallistas y debido a que poseen más opciones que satisfagan sus necesidades, estos contribuyen a las diferentes presiones que ejercen sobre las empresas a mejorar la calidad de sus productos y así ser más compatibles contra otras empresas.

Por ello, tanto en la industria de la construcción, como en otras empresas los propietarios inviertan un mayor capital y tiempo en el mejoramiento de la calidad de sus productos, para así, satisfacer dichas necesidades que demandan los consumidores.

Francisco Gonzales Prado, Director General del Instituto Mexicano de Control de Calidad (IMECCA), expresó que las empresas mexicanas no podrán competir en los mercados internacionales si no mejoran en áreas como: calidad, productividad y distribución. Además en acceso de los productos mexicanos a los mercados mundiales solo estará disponible para aquellas que verifiquen la calidad, debido a que en los últimos años, la certificación de la calidad se ha convertido en la carta de presentación para poder ingresar a nuevos mercados.³

2.2 Aspectos generales de la calidad.

La calidad es un tema controversial debido a la diversidad de opiniones que existen de esta. Las condiciones actuales y la forma en que se mueve el mercado hacen imprescindible que las organizaciones tengan bien determinado lo que entienden por “calidad” y cómo la gestión.

³ Horowitz, Jaques, *La calidad del servicio*, Mc Graw Hill, México, 1992, p. 9-14.

2.3 Definición de calidad.

En la actualidad todos coinciden en reconocer la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios para poder ser competitivos y permanecer en el negocio, En lo que frecuentemente no se coincide es en la forma de lograrlo. Algunos piensan que la mejora se dará con el solo hecho de exigir la calidad en el trabajo que desempeña cada uno de los miembros de la organización, es decir, piensan que es cuestión de imponer disciplina a los trabajadores

En realidad el concepto y el vocabulario de la calidad son erróneos. Las distintas personas interpretan la calidad en forma diferente. Muy pocos pueden definir la calidad en términos que sea posible medir y traducir en operaciones. En términos menos formales podemos decir que la calidad la define el cliente, es el juicio que éste tiene sobre un producto o servicio y resulta por lo general en la aprobación o rechazo del producto.

Un cliente queda satisfecho si se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Así, la calidad es ante todo satisfacción del cliente. La satisfacción está ligada a las expectativas que el cliente tiene sobre el producto o servicio.

Al estar determinada la satisfacción del cliente por aspectos subjetivos como las expectativas y la percepción, la calidad no siempre se puede cuantificar o definir en términos objetivos, por lo que se hace necesario que las empresas constructoras estén, retroalimentándose en forma constante con la percepción del

cliente respecto a su producto o servicio. Según Humberto Gutiérrez “La calidad es ante todo satisfacción del cliente. La satisfacción está ligada a las expectativas que el cliente tiene sobre el producto o servicio, expectativas generadas de acuerdo con las necesidades, los antecedentes, el precio, la publicidad, la tecnología, etcétera”.⁴

La Calidad es el conjunto de atributos y características que diferencian un producto o servicio de otro, tomando en cuenta que seguirán un proceso distinto y eficiente para lograr su cometido, permitiendo una aceptación de parte del consumidor y la excelencia del ente en su respectivo giro.

Ahora definimos la calidad bajo una concepción más formal que proponen algunos exponentes de la disciplina:

- Para Edwards Deming: la calidad es ofrecer a bajo costo productos y servicios que satisfagan a los clientes. Implica un compromiso con la innovación y mejora continuas.
- Para Juran: la calidad es la adecuación de uso de un producto.
- Para Crosby: la calidad explica desde una perspectiva ingenieril como el cumplimiento de normas y requerimientos precisos. Su lema es “Hacerlo bien a la primera vez y conseguir cero defectos”.

⁴ Gutiérrez Pulido, Humberto, *Calidad Total y Productividad*, 2da edición, México, edit. Mc Graw Hill, p.9.

- Para Genichi Taguchi: la calidad es algo que está siendo diseñado dentro del producto para hacer que este sea fuerte e inmune a los factores incontrolables ambientales en la fase de fabricación, dando por resultado, que la calidad consiste en la reducción de la variación en un producto.⁵

Para entender los planteamientos modernos de la calidad como elemento básico del trabajo del administrador y de la empresa, Deming *dice que la calidad debe dirigirse a las necesidades a las necesidades tanto presente como futuras del consumidor y añade que la calidad está determinada por las interrelaciones de los factores siguientes:*

- 1) Producto.
- 2) El usuario y como se usa el producto, como lo instala y que espera de él.
- 3) Servicio durante el uso.

Deming también menciona que cualquier producto o servicio se enriquece y perfecciona mediante la mejora continua basada en la observación científica y estadística de los resultados del proceso y uso del producto, lo cual reemplaza el sistema limitado de producción que consiste en hacer un modelo, producirlo y venderlo hasta que se agota (ver figura 1).

⁵ La microempresa es nuestro mejor recurso, <http://millones.blog.terra.com.pe/2009/05/>

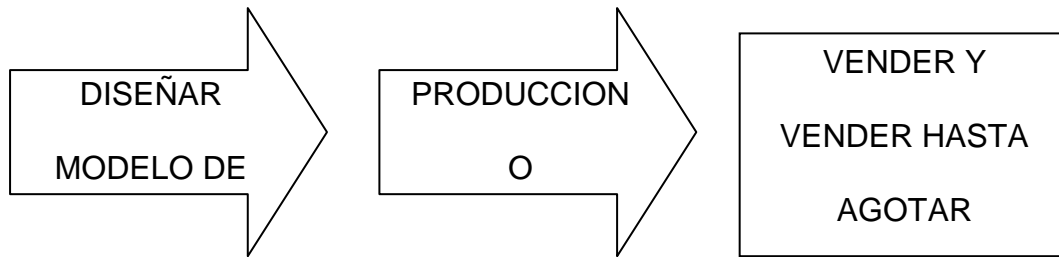


Figura 1. Esquema pobre de producción.

Deming propone catorce principios de la mejora continua:

1. Crear la conciencia de la mejora continua. La dirección debe mostrar constantemente su compromiso con esta declaración.
2. Adoptar la nueva filosofía de la calidad (a nivel de la alta dirección y todos n conjunto) como parte de una cultura organizacional. Deming dice: “No podemos aceptar: los errores (defectos), manipulación de la información (maquillaje)”.
3. Redefinir el propósito de la inspección y de la autoridad para el mejoramiento de los procesos. Los supervisores no incorporan calidad al producto ni agregan valor alguno si su inspección consiste exclusivamente en verificar estándares de producción o que se cumpla con las normas disciplinarias organizacionales
4. Fin a la práctica de adjudicar las compras sólo sobre la base de la meta del precio. Deming convoca a las organizaciones a avanzar hacia un proveedor

único para cada insumo, tanto como sea posible, en una relación de largo plazo basada en la lealtad y confianza. El objeto de tratar estrechamente con los proveedores es conseguir un costo total bajo, más que un bajo precio de compra. Se debe buscar la reducción del costo, por medio de atacar las causas de desperdicios, con calidad y productividad.

5. Mejorar constantemente los procesos de producción y de servicios. En una organización, cada actividad, cada tarea y cada operación son parte del proceso, y sólo si se comprende el rol que cada una de ellas cumple en la estrategia de servicio al cliente o usuario se consigue mejorar el producto. Siempre es posible mejorar un proceso. Aun los procesos muy automatizados brindan oportunidades de mejora.
6. Instituir el entrenamiento (para el desarrollo de habilidades y cambio de actitudes). Tanto trabajadores como administradores deben estar preparados para identificar problemas y oportunidades de mejoramiento. La meta es entrenar a los trabajadores para el uso del control estadístico. Una vez que un grupo de trabajo se desempeña en forma estable, los defectos y problemas no son fallas de los trabajadores sino del sistema.
7. Enseñar e instituir el liderazgo para la mejora continua. Se necesita que el liderazgo cambie de director de hombre a director de equipos, de policías a entrenadores. Se requiere que el jefe o coordinador sea un facilitador de procesos.

8. Expulsar el temor. Crear confianza. Producir un clima para la innovación. La gente debe sentir seguridad respecto de lo que hace. Debe existir una cultura que aproveche los errores, que no los oculte por temor a las represalias, que comprenda que el error es también oportunidad. Esto implica crear un ambiente que propicie la participación; todos deben sentir gusto al crear una solución y un mejoramiento para los problemas y el producto.
9. Optimizar los esfuerzos de los equipos de trabajo, hacia la misión y propósitos de la compañía.
10. Eliminar las exhortaciones a la fuerza de trabajo. Una vez implantada la cultura de la calidad, las exhortaciones sobran.
11. Las cuotas de producción, aunque son la base de la programación, la comercialización y la generación de presupuestos de ingresos y egresos, son trampas en tanto que una búsqueda de mayor producción sin cuidar la calidad lleva a la empresa al fracaso.
12. Remover las barreras que roban a la gente el orgullo de la manufactura. El verdadero orgullo es contribuir a producir con calidad y estar consciente de la participación en el proceso productivo, por muy pequeña que ésta sea.
13. Fomentar el auto mejoramiento y la calidad de vida. No se debe tener miedo a preparar a la gente, pues con la capacitación se potencializa su desempeño.

14. Empezar la acción para lograr la transformación. Un programa de mejora de la calidad se debe sostener con una estructura interna que facilite el proceso de mejora continua, pero se debe evitar la burocratización excesiva.⁶

2.4 Los ocho principios de Gestión de la calidad

Los Ocho Principios de Gestión de la Calidad son aquellos sobre los cuales se basan las normas de Sistemas de Gestión de la Calidad según las de normas de la serie ISO 9000.

Pueden usarse por la organización como referencia para la mejora continua de sus procesos.

Los ocho principios de la gestión de la calidad se definen en la norma ISO 9000:2000 "Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario", dentro de la familia de las normas ISO 9000.

En este documento se transcriben las descripciones normalizadas de cada uno de los principios tal como aparecen en ISO 9000:2000, También se ejemplifican algunos de los beneficios que pueden obtenerse con su correcta

⁶ Hernández y Rodríguez, Sergio, Pulido Martínez, Alejandro, *Fundamentos de gestión empresarial*, México, edit. Mc Graw Hill.

aplicación y algunas acciones que debería tener en cuenta la organización para considerar cada principio.

Los 8 principios son:

1. Organización enfocada al cliente.
2. Liderazgo.
3. Participación del personal.
4. Enfoque basado en procesos.
5. Enfoque del sistema para la gestión.
6. Mejora continua.
7. Enfoque objetivo hacia la toma de decisiones basada en hechos.
8. Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

2.4.1 Principio 1: Organización enfocada al cliente

Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.

Beneficios.

- Aumento de los beneficios y participación en el mercado, a través de respuestas rápidas y flexibles a las oportunidades que brinda el mercado.

- Aumento de la eficiencia en el uso de los recursos de la organización para obtener la satisfacción del cliente.
- Estimular la lealtad del cliente.
- Aplicar el principio de Enfoque al cliente implica:
- Investigar y comprender las necesidades y expectativas del cliente.
- Asegurar que los objetivos de la organización están vinculados con las necesidades y expectativas del cliente.
- Difundir las necesidades y expectativas del cliente en toda la organización.
- Medir la satisfacción del cliente y actuar en función de esos resultados.
- Gestionar en forma sistemática las relaciones con los clientes.
- Asegurar un enfoque equilibrado entre la satisfacción de los clientes y otras partes interesadas (tales como acciones, empleados, proveedores, entidades financieras, comunidad en general).

2.4.2 Principio 2: Liderazgo

Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.

Beneficios.

- El personal entenderá y se motivará con respecto a las metas y objetivos de la organización.
- Las actividades se evalúan, alinean e implementan de una manera unificada.
- Se minimiza la incomunicación entre los diferentes niveles de una organización.
- Aplicar el principio de Liderazgo implica:
 - Considerar las necesidades de todas las partes interesadas.
 - Establecer una visión clara del futuro de la organización.
 - Fijar metas y objetivos desafiantes.
 - Crear y mantener, en todos los niveles de la organización, modelos de valores, honradez y ética.
 - Establecer confianza y eliminar el miedo.
 - Suministrar al personal los recursos, entrenamiento y libertad necesarios para actuar con responsabilidad.
 - Inspirar, estimular y reconocer las contribuciones del personal.

2.4.3 Principio 3: Participación del personal

El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.

Beneficios.

- Personal motivado, comprometido e involucrado con la organización.
- Innovación y creatividad para exceder los objetivos de la organización.
- Personal responsable de su propio trabajo.
- Personal deseoso de participar y contribuir a la mejora continua.
- Aplicar el principio de Participación del personal implica:
- Personal que entiende la importancia de su contribución en la organización.
- Personal que identifica los límites para su desempeño.
- Personal que acepta la responsabilidad sobre los problemas y de sus soluciones.
- Personal que evalúa su desempeño con respecto a metas y objetivos individuales.
- Personal que activamente busca oportunidades para mejorar su competencia, conocimiento y experiencia.
- Personal que comparte libremente conocimiento y experiencia.
- Personal que abiertamente discute los problemas y sus soluciones.

2.4.4 Principio 4: Enfoque basado en procesos

Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

Beneficios.

- Menores costos y ciclos de vida más cortos a través de un uso efectivo de recursos.
- Resultados en ascenso, consistentes y predecibles.
- Oportunidades de mejora focalizadas y priorizadas.
- Aplicar el principio de Enfoque basado en procesos implica:
- Definición sistemática de las actividades necesarias para obtener los resultados deseados.
- Analizar y medir la capacidad de los procesos claves.
- Identificar las interfaces de las actividades claves dentro y entre las funciones de la organización.
- Prestar atención a factores como recursos, métodos y materiales que mejoren las actividades claves de la organización.
- Evaluar los riesgos, consecuencias e impactos de las actividades en clientes, proveedores y otras partes involucradas.

2.4.5 Principio 5: Enfoque del sistema para la gestión

Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.

Beneficios.

- Integración y alineación de los procesos que mejor conduzcan a los resultados deseados.
- Habilidad para concentrar esfuerzos en actividades claves.
- Proporcionar confianza a las partes interesadas en cuanto a la consistencia, y eficiencia de la organización.
- Aplicar el principio Enfoque de sistema para la gestión implica:
- Estructurar un sistema que permita a la organización alcanzar sus objetivos de la manera más eficiente y efectiva.
- Entender las interdependencias entre los procesos del sistema.
- Enfoques estructurados de tal manera que permitan armonizar e integrar los procesos.
- Proveer un mejor entendimiento de las funciones y responsabilidades necesarias para alcanzar objetivos comunes y de ese modo reducir barreras entre distintos sectores de la organización.

- Conocer la capacidad de la organización y establecer recursos limitados antes de actuar.
- Definir y limitar las actividades específicas con las que va a operar el sistema.
- Mejorar continuamente el sistema a través de mediciones y evaluaciones.

2.4.6 Principio 6: Mejora continua

La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.

Beneficios.

- Mejora del desempeño a través del aumento de las capacidades de la organización.
- Alineación de actividades de mejora con la planificación estratégica de la organización.
- Flexibilidad para reaccionar rápidamente frente a las oportunidades.
- Aplicar el principio de Mejora continua implica:
- Aplicar un enfoque amplio a la organización que permita una mejora continua del desempeño de la organización.
- Proporcionar al personal entrenamiento en métodos y herramientas de mejora continua.

- Hacer de la mejora continua de los productos, procesos y sistemas un objetivo para cada individuo en la organización.
- Establecer metas para orientar la mejora continua, así como mediciones para su seguimiento.
- Reconocer actividades de mejora.

2.4.7 Principio 7: Enfoque objetivo hacia la toma de decisiones basada en hechos

Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

Beneficios.

- Decisiones en base a información.
- Capacidad creciente de demostrar la efectividad de decisiones pasadas por referencia a registro de hechos.
- Capacidad creciente de revisar, debatir y modificar opiniones y decisiones.
- Aplicar el principio de Enfoque basado en hechos para la toma de decisión implica:
- Asegurar que los datos e informaciones son suficientemente precisos y confiables.
- Dejar los datos accesibles para quien pueda necesitarlos.
- Analizar los datos y la información mediante métodos válidos.

- Tomar decisiones y acciones en base a análisis de hechos, manteniendo un equilibrio entre experiencia e intuición.

2.4.8 Principio 8: Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor

Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Beneficios.

- Habilidad creciente de incorporar valor para ambas partes.
- Flexibilidad y velocidad de respuesta ante cambios del mercado o de necesidades y expectativas de los clientes.
- Optimización de costos y recursos
- Aplicar el principio de Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor implica:
- Establecer relaciones que equilibren ganancias en el corto plazo con las de largo plazo.
- Identificar y seleccionar proveedores clave.
- Promover una comunicación clara y abierta.
- Compartir información y planes futuros.
- Establecer actividades conjuntas de desarrollo y mejora.
- Inspirar, estimular y reconocer las mejoras y logros de los proveedores.

2.5 Impacto de la calidad en empresas constructoras

Con la presión que ejercen otras empresas y las exigencias de los clientes, las empresas en la rama de la construcción como otras empresas que se preocupan por ser más competitivas, han tenido que:

- Crear una cultura y ética de trabajo, en la cual cada empleado asume su responsabilidad para lograr el mejoramiento de la calidad.
- Dedicar todo su esfuerzo para satisfacer los requerimientos del cliente.
- Desarrollar un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo, motivando a cada persona a rendir su máximo esfuerzo.
- Medir causas de incumplimiento.
- Mejorar los canales de comunicación interdepartamentales.
- Capacitar a su personal con respecto a la cultura de calidad.

La creación de una cultura ética de trabajo en la cual cada empleado realice sus tareas de la mejor manera, con la mejor calidad para resolver problemas y satisfacer los requerimientos de los clientes (exteriores e interiores), así como tener un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo y en donde cada persona expanda su creatividad y encuentre su máximo desarrollo, es un proceso que busca la satisfacción de todo aquel que se encuentre involucrado, tanto como fuera como dentro de la misma empresa. Así como importa el cliente,

también importa el empleado, el proveedor, es decir, todos aquellos que integran la sociedad de la empresa.

2.5.1 Mala calidad

Juran establece el concepto de costos de no calidad, o también llamado costos de mala calidad, la cuál será una excelente herramienta para calcular los desvíos de la norma⁷. El costo de la mala calidad es superior en lo económico, sin tomar en cuenta otras pérdidas ocultas, como clientes. Juran ejemplificó esto con un iceberg de la mala calidad, donde sólo se ve una parte del problema.

La mala calidad tiene un costo, cada vez que un obrero hace mal alguna pieza en la obra, la empresa necesita gastar tiempo y dinero en corregir la situación. La pieza puede estar dañada al grado que se convierte en un desperdicio, se ha perdido el costo de los materiales y de la mano de obra utilizada. No obstante, pocas empresas conocen el verdadero concepto de “el costo de la mala calidad”.

El tiempo que se ocupa en la prevención de defectos es un tiempo útil y valioso, pues evita errores futuros, el tiempo empleado en la evaluación de los

⁷ Hernández y Rodríguez, Sergio, Pulido Martínez, Alejandro, *Fundamentos de gestión empresarial*, México, edit. Mc Graw Hill.

defectos es un desperdicio, pues los errores ya ocurrieron, es mejor prevenirlos que pagarlos.

Consecuencias de la mala calidad:

- Desperdicios de materiales
- Materiales mal utilizados
- Materiales y productos defectuosos que deben ser reparados
- Control de inventarios de los productos defectuosos
- Horas hombres utilizadas en esas reparaciones
- Atrasos en las entregas
- Multas por incumplimientos en las fechas de entregas
- Tiempo y recursos asignados a atender reclamos
- Algunas deficiencias de organización interna de nuestra empresas (Por ejemplo: los pedidos duermen días en el departamento de compra o en el Dpto. de venta del proveedor por falta de seguimiento)
- Otros problemas externos como: Demora en enviar los planos o detalles por parte del cliente, detalles no especificados o modificados a último momento.

Lo antes mencionado crea costos adicionales por pérdida de mercado, ya sea por problemas de calidad, de incumplimiento en la entrega, o por presupuestos elevados para poder cubrir los costos de la No Calidad.

Debemos reflexionar al respecto ya que este despilfarro es pagado por el Estado que abona por productos defectuosos, por las constructoras que ven

disminuida así su rentabilidad y por la sociedad en su conjunto que usará productos de mala calidad y perderá recursos que bien podrían utilizarse en otras actividades.⁸

2.6 Ventajas de la calidad en empresas constructoras.

Mediante el afianzamiento de la aplicación de la filosofía de la calidad al negocio de la construcción, se logra que las empresas en este negocio pueden ser más competitivas, entendiéndose por esto, que sus ineficiencias no son cargadas a sus precios, al contrario, podrán mejorar sus precios sin afectar fuertemente a sus utilidades.

Una vez que las empresas han implementado el sistema de Calidad Total en sus operaciones y servicios, han logrado incrementar la productividad y la reducción de desperdicios, lo cual las ha llevado al afianzamiento de la imagen de su empresa y al mismo tiempo, han visto que sus clientes tienen mayor confianza en sus servicios, dado que su satisfacción es máxima, lo que conlleva a una mejora en el posicionamiento de su mercado competitivo.

⁸ Romero, Arturo Luis, Miranda Sandor, Luis, *La calidad, su evolución histórica y algunos conceptos y términos asociados*, Gestipolis, 2006.

Si se construye con calidad se tendrá la certeza de una mayor capacidad de resistencia, aguante y manejo de las obras civiles, por ejemplo frente a movimientos telúricos, como dijo la profesora de la escuela de arquitectura de la Universidad del Valle, Luisa esperanza (1999). Además, teniendo controlada la calidad en la empresa, el tiempo de respuesta a problemas y necesidades es mínimo, como también los costos⁹.

No necesariamente es competitiva la empresa que mejor precio ofrece al mercado, sino aquella que ofrece mejor calidad, innovación, tecnológica y satisfacción plena al cliente.

2.7 Estrategias para lograr la calidad

Algunas estrategias que podrían implementar las empresas de construcción que se preocupan por realizar sus actividades y productos de calidad, serían:

- Visitar a proveedores y subcontratistas para comprobar su aptitud para la ejecución de trabajos para la obra.
- Calibrar sus equipos, por ejemplo de topografía, manómetros, de la prensa de rotura de probetas, entre otros utilizados en diferentes actividades de una obra.

⁹ Erossa Victoria, *Proyectos de inversión en ingeniería, su metodología*, edit. Limusa, 1993, p.227.

- Calificar el personal que participará en la ejecución de la obra.
- Contratar cursos o charlas necesarias para mejorar los resultados de obra.

Empresas de otras industrias, como por ejemplo manufacturera, han desarrollado diferentes actividades para mejorar la Calidad Total de su empresa, que se podrían implementar en la industria de la construcción, las cuales se basan en desarrollar internamente y en las personas que se relacionan con la empresa (proveedores, distribuidores, entre otros) una cultura de calidad, la cual se basa principalmente en el trabajo en equipo, en la capacitación de los directivos para que se comprometan con esta cultura y en el desarrollo de hábitos, costumbres y actitudes congruentes con los principios de la Calidad Total en sus individuos y organizaciones de las cuales se apoyan.

Es necesario que las empresas en el área de construcción identifiquen los parámetros, procesos y estrategias de valor que satisfacen las necesidades y expectativas del cliente, es decir, que incluyan el valor del cliente como objetivo fundamental. Para lograr esto, es necesario crear programas para el mejoramiento continuo en el servicio a clientes, en actividades relacionadas con la construcción de la obra y en la innovación de productos que satisfagan las necesidades de los clientes, utilizando metodologías para el mejoramiento continuo de procesos sencillos o complejos y la reformulación de los diferentes procesos en obra mediante el análisis de las prácticas y procedimientos de los mejores competidores e industria de la construcción.

El mejorar la comunicación interdepartamental en la empresa ayuda a que no queden dudas sobre cómo realizar el trabajo, a medir causales de incumplimiento y a implementar el trabajo en equipo, como elementos necesarios para lograr la calidad, empleando dinámicas de cooperación y coordinación de equipos, creando la participación, involucramiento y comportamiento cooperativo que son herramientas básicas y necesarias para consolidar y hacer fuerte una empresa.¹⁰

J.M. Juran propone diez pasos para la mejoría de la calidad:

1. Crear conciencia de la necesidad y oportunidad de mejoramiento
2. Determinar metas de mejoramiento.
3. Organizarse para lograr estas metas (comités, equipos, reuniones).
4. Proporcionar entrenamiento.
5. Desarrollar proyectos para resolver problemas.
6. Reportar los problemas sin ocultar los errores
7. Dar reconocimiento.
8. Comunicar los resultados.
9. Mantener consistencia en los registros.
10. Mantener la mejora en todos los sistemas, subsistemas y procesos de la compañía.

¹⁰ Mendelsohn Roy, Teamwork-the key to productivity, Journal of management in engineering, New York, 1998, p. 22-25

2.7.1 Cultura de la calidad

Las contradicciones que entorpecen los planes y objetivos estratégicos y operativos de la empresa, deben ser evitadas por la conducta de los ejecutivos, la política de la empresa y los valores trascendentes de la organización.

Poseer una cultura de alta calidad implica que la organización en conjunto comprende la importancia fundamental de ésta, para la subsistencia y competitividad de la misma. Lograr la cultura de la calidad implica que todos los miembros de la empresa están real y auténticamente empapados de la mejora continua y la generación de valor agregado para los clientes.

2.8 Método para evaluar y controlar la calidad

Algunas personas sostienen que la administración de la Calidad Total es muy vaga y que dicha indefinición crea problemas para las empresas deseosas de lograr una Calidad Total. Por consiguiente, es importante llevar a cabo mediciones, ya que si una empresa no mide su desempeño actual, no le será posible fijar objetivos no hay manera de medir el progreso.

Las empresas que se reconocen por la preocupación de obtener una Calidad Total, registran mediciones indicativas de lo que realmente está sucediendo en el

negocio. Estas mediciones ayudan a las compañías a predecir los cambios en el nivel de ingresos. Entre estas mediciones, tenemos (kit Sadgrove, 1997):

- Productividad: Es una medición fácil, pues toda empresa sabe cuándo produce. La tarea consistente en fijar metas de mejoras.
- Desempeño financiero: las empresas generan registros financieros detallados, pero estas cifras no siempre son informativas; por esta razón, se utilizan razones financieras que permiten determinar el progreso competitivo. Es conveniente hacer notar que, aun los daños financieros reflejan los éxitos o fracasos, no explican por qué han aumentado o disminuido los ingresos.
- Calidad de la producción: se centra en medir el servicio al cliente.
- Satisfacción del cliente: la organización debe verificar su respuesta a las demandas de los clientes (tiempos de entrega, confiabilidad, entre otros). También puede referirse a medir la lealtad de los clientes y el número de quejas.
- Actitudes del personal: si los obreros y empleados están desmotivados, la calidad de la obra o producto declinará y lo mismo sucederá con la productividad.
- Higiene, seguridad y medio ambiente: una empresa constructora medirá el número de accidentes anuales.

Las mediciones ayudan a la empresa a evaluar las mejoras y determinar los ahorros logrados. Resulta especialmente importante contar con riesgos de mediciones antes de iniciar los proyectos de mejoras; de otra manera, no será posible apreciar el efecto real de un programa de Calidad Total. Una vez que se comienzan a obtener mejoras, es muy difícil conocer cuál era la situación antes de iniciar el programa.

2.8.1 Técnicas de Benchmarking

Las técnicas de referenciación o benchmarking sirven para preguntarse: “¿Qué tan bueno es nuestro desempeño con respecto a nuestros competidores en los aspectos importantes para los clientes?” Entre dichos aspectos están el buen diseño, una alta calidad de respuesta o el apoyo técnico.

Primero se investiga cuáles son los factores importantes o que sentimos que no son muy competitivos. Después se analiza cómo se comparan con los de los competidores y si es necesario se aplican mejoras. De esta manera, el benchmarking asegura que su empresa está a un nivel igual o superior al de sus mejores competidores en el mercado¹¹.

¹¹ Kit, Sadgrove, *Como hacer que funcione la calidad total*, Panorama Editorial., México, 1997.

No siempre es fácil obtener información sobre los competidores. Por otra parte, medir el desempeño de empresas no competidoras puede ser poco indicativo. Algo de información puede obtenerse de los reportes anuales o de publicaciones especializadas. Las entrevistas con los clientes también generan datos informativos. Algunas asociaciones industriales publican datos globales de su sector.

Ciertas empresas efectúan su benchmarking con respecto a sus propios datos históricos, pero el mejor método consiste en compararse contra las mejores empresas del mundo. Este método es utilizado por algunas empresas temerosas de estar cediendo terreno. Los verdaderos líderes del mercado no suelen mirar por encima del hombro, están demasiado ocupados en su siguiente etapa estratégica. Por tanto, no es conveniente considerar al benchmarking como la principal herramienta empresarial. Sin embargo, si no compara su desempeño con las demás empresas, le será difícil saber qué tan buena es su empresa.

2.8.2 Soluciones con tormentas de ideas

Toda la organización necesita pensamiento creativo y nuevas ideas. Una de las mejores técnicas a este respecto es la de tormentas de ideas.

En una sesión de tormenta de ideas, se alienta a todos los participantes a expresar sus ideas; todas las ideas se escriben en hojas de un rotafolio que se

adhiera a los muros, sin permitir que alguien critique alguna idea, pues ello desmotivaría a los participantes a expresarse libremente. Conviene fijar una meta de un número de ideas definido para luego, al haber alcanzado el número acordado, éstas pueden analizarse para implementar las mejores.

2.8.3 Listas de comprobación

Otra herramienta dentro del concepto de calidad que se debe emplear, es una lista de comprobación utilizada por el residente de obra para minimizar defectos de construcción durante la ejecución del proyecto, la cual se aprecia en la siguiente tabla:

No.	Aspecto Revisado	Calificación	Observaciones
1	Dimensiones de acuerdo a los planos		
2	Verticalidad de muros		
3	Aparición de grietas o defectos en acabados		
4	Desperdicio de materiales		
5	Ejecución de pruebas de resistencia		
6	Utilización de dosificación especificadas		

7	Utilización de herramienta adecuada		
8	Observancia de medidas de seguridad y protección		
9	Cumplimiento de normatividad ambiental		
10	Verificación de licencias y permisos		

Tabla 1. Lista de comprobación de calidad de producto

2.8.4 Gerencia total de productividad y calidad (TPQM)

Este método se basa en la mejora continua de los procesos desarrollados en una obra. En este, nos podemos enfocar en las partidas que mas influyan en el tiempo de la obra, evaluarlas, detectar problemas y con el apoyo de los miembros de la empresa, mediante un círculo de calidad, resolver los problemas encontrados para así, ir puliendo los procesos utilizados en nuestra empresa enfocados a una mejora productividad y al acercamiento de la calidad de nuestros procesos y productos.

Este método se basa en el seguimiento de una serie de pasos que nos llevan a una mejora continua como se hizo mención en el párrafo anterior, estos pasos son:

1. Identificación del defecto o problema: en este paso es necesario identificar, como su nombre lo indica, las causas que están provocando problemas en el desarrollo de la obra, de una forma descriptiva.
2. Diseño de acciones correctivas del grupo: Aquí se registran las personas que están a cargo de las actividades a evaluar, es decir, con problemas en la productividad. También, es conveniente detallar algunas actividades para mejorar estas actividades mencionadas.
3. Colección y análisis de la información. Es importante en este paso desarrollar en forma de lista las actividades con problemas, para luego especificar en un diagrama de causa y efecto (Ishikawa), las posibles causas que conllevan a un mayor tiempo de retraso en la obra.
4. Círculos de calidad con la lluvia de ideas (*brainstorming*) para el mejoramiento. En este apartado se realiza una tabla de Pareto, con el fin de realizar una grafica de Pareto, en donde observaremos la importancia que tiene cada uno de los problemas sujetos a estudio.
5. Implementación de los cambios. Se hace una tabla exponiendo la actividad con problemas, implementación o soluciones de los problemas y la persona encargada de cada una de las actividades, para delegar la responsabilidad de llevar a cabo las mejoras a la persona correspondiente.
6. Control de la implementación. Significa evaluar los cambios implementados para ver si han sido positivos. Esto se logra volviendo a evaluar las

actividades con problemas con la tabla y la grafica de pareto, con las implementaciones y nuevos porcentajes.

7. Mejora continua. Con los resultados obtenidos en el paso anterior, se observan y analizan los resultados para determinar si todavía se pueden hacer cambios para mejorar aún más, esto es, volviendo a realizar los pasos del 1 al 7, logrando así la mejora continua.

2.8.5 Control estadístico de procesos (CEP)¹²

A la medición de procesos realizados en una empresa se le suele llamar control estadístico de procesos (CEP). Aunque parece muy técnico, es necesario:

- Obtener datos de los procesos principales.
- Analizar las cifras.
- Tomar decisiones basadas en la información obtenida.

Todo esto puede expresarse simplemente como una comprobación de cuántas características no se conforma a las especificaciones, determinar dónde

¹² Niebel, B. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Alfaomega, México, 2001.

radica el problema y resolverlo. El CEP es noventa por ciento solución de problemas y diez por ciento estadístico.

El CEP también sirve para detectar el origen de problemas, es decir, si la proporción de rechazos está creciendo, el hecho es indicativo de que un equipo requiere mantenimiento o remplazo. Hay muchas maneras de medir un proceso y resolver los problemas. Algunas de las técnicas más utilizadas son:

- Graficas de control.
- Grafica de barras o histogramas.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama causa-efecto.

2.8.5.1 Graficas de control

La grafica de control es la herramienta más común del CEP. Se obtiene tomando mediciones al azar de una pequeña parte de la producción, tan bajo como un 5%. Esta clase de grafica muestra tendencias y ayuda al personal a aplicar acciones correctivas antes que el producto salga de las especificaciones del cliente y se considere como desperdicio.

Estos gráficos constituyen un medio eficaz para controlar la variedad y en consecuencia, la calidad de un proceso de trabajo. En base a la aplicación de tablas y/o una fórmula estadística, se determinan los límites máximos y mínimos, dentro de los cuales se debe mantener la operación del proceso que se trate.

Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos.

Un gráfico de control muestra:

- Si un proceso está bajo control o no.
- Indica resultados que requieren una explicación.
- Define los límites de capacidad del sistema, los cuales previa comparación con los de especificación pueden determinar los próximos pasos en un proceso de mejora.

2.8.5.2 Histogramas

Una gráfica separada podría señalar que las fallas se presentan en ciertos turnos, a ciertas horas del día o en algunos subprocesos, esto ayuda a detectar y prevenir los problemas, es decir, se utiliza para medir la frecuencia con que ocurre

determinado suceso. Su uso permite obtener valiosos resultados para controlar estadísticamente la calidad de los bienes y/o servicios generados por la empresa.

2.8.5.3 Diagrama de Pareto

Este diagrama se utiliza para mostrar gráficamente la importancia que tiene cada uno de los asuntos o problemas sujetos a estudio. El uso de este diagrama permite distinguir las características más importantes de un suceso y las menos importantes. A este diagrama se le conoce como de Pareto, en virtud de que su inventor fue Wilfredo Pareto y también se le denomina como regla del “20-80, 80-20”, dado que se considera que el 80% de los problemas sujetos a estudio tienen su origen en sólo un 20% de las causas potenciales. Este diagrama constituye una herramienta muy eficaz para la administración de la calidad, ya que permite orientar la planeación, control y mejora de la misma, sobre los aspectos que por su relevancia puede influir sobre la calidad e los bienes y/o servicios que genera la empresa.

2.8.5.4 Diagrama causa-efecto

Las gráficas de causa y efecto son conocidas como “Espina de pescado” por su forma o diagrama de Ishikawa en honor a Kaoru Ishikawa su inventor; se utiliza generalmente en las reuniones de los círculos de calidad, en las que el personal de la empresa establece las causas que pueden provocar determinado problema. Las causas menores se clasifican dentro de cinco categorías básicas que son los materiales, mano de obra, maquinaria y herramienta, métodos de trabajo y medio ambiente, por ejemplo:

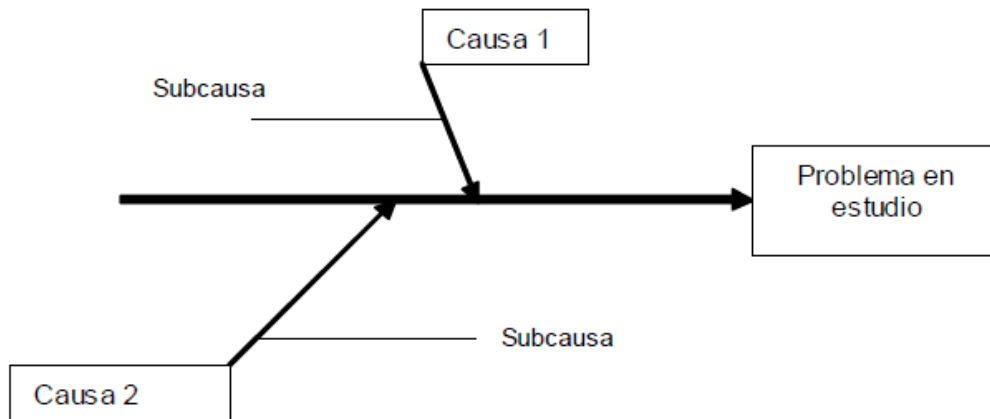


Figura 2. Diagrama causa-efecto

CAPÍTULO III: Definición de Calidad Total¹³

Para comprender el concepto de Calidad Total es necesario definir el concepto de calidad, el cual consiste en cumplir con los requerimientos o especificaciones del cliente, a través de la comparación de estándares para lograr la satisfacción plena del cliente.

El concepto de Calidad Total se origina a partir del concepto ampliado de control de calidad (técnicas y actividades para asegurar que se cumple con las especificaciones del cliente). La calidad es total por que comprende e involucra todos y cada unos de los aspectos y personas de la organización. La calidad tradicional trataba de arreglar la calidad después de cometer errores, pero la Calidad Total se encuentra en conseguir que las cosas se hagan bien a la primera.

Por lo tanto, la Calidad Total significa reunir los requisitos convenidos con el cliente y superarlos (debemos partir por ser exactos con los requisitos o

¹³Aguilar, Iliana, *La calidad total aplicada a una empresa de servicio*, Monografía, Instituto Tecnológico de Mérida, 1999.

especificaciones); con esta concepción de Calidad Total, se supera la imprecisión del pasado, no solo tiende a ser exacta sino además medible.

La Calidad Total significa un cambio de paradigmas en la manera de concebir y gestionar una organización. Uno de estos paradigmas fundamentales y que constituye su razón de ser, es el perfeccionamiento constante o mejoramiento continuo. La Calidad Total comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas.

3.1 El mejoramiento continuo

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización.

A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado y hasta lleguen a ser líderes.

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización.

A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado, y hasta puedan llegar a ser líderes.



Figura 3. El mejoramiento continuo.

Ventajas del mejoramiento continuo.

- Se concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales.
- Consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles.
- Si existe reducción de productos defectuosos, trae como consecuencia una reducción en los costos, como resultado de un consumo menor de materias primas.
- Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es de vital importancia para las actuales organizaciones.
- Contribuye a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos.
- Permite eliminar procesos repetitivos.

3.2 Proceso de la Calidad Total

El control de calidad moderno comenzó en las primeras décadas del siglo XX con la aplicación del cuadro de control shewhar de Bell Laboratorios. La segunda guerra mundial dio la pauta de inicio para la aplicación de la Calidad Total ya que fue necesario producir artículos militares de bajo costo a gran escala, así como el control de calidad estadístico que estimulo los avances tecnológicos.

En el campo de administración durante la posguerra, Japón mantenía utilizando el método de Taylor, que exigía a los obreros especificaciones estrictas enfocándose hacia la producción y costo, pero no en la calidad¹⁴. Seguía siendo la época de los productos “baratos y malos”. Más tarde, el Dr Deming, enseñó a la industria japonesa a utilizar la estadística como lenguaje común para mejorar los procesos productivos y así lograr el involucramiento de los trabajadores en todos los niveles.

La calidad ha ido evolucionando por etapas a lo largo de cuatro eras, a saber:

1. La de inspección (siglo XIX) que se caracterizó por la detección y solución de problemas generados por la falta de uniformidad del producto.
2. La era del control estadístico del proceso (1930 a 1940), enfocada al control estadístico de los procesos y reducción de niveles de inspección.
3. La era del aseguramiento de la calidad (década de 1950), cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad¹⁵.

¹⁴ Koontz y Wehrich, administración una perspectiva global, Mc Graw Hill, México, 1998.

¹⁵ Celina Alvear, calidad total aseguramiento y mejora continua, Limusa, México, 1999.

Finalmente, la era actual de la administración estratégica de la calidad se concibe como una oportunidad de competitividad.

3.3 La Calidad Total como estrategia de competitividad para las empresas mexicanas

La calidad ha evolucionado a través de cuatro eras:

- La era de inspección (siglo XIX) que se caracterizó por la detección y solución de los problemas por la falta de uniformidad del producto.

- La era del control estadístico del proceso (década de los treinta), enfocada al control de los procesos y la aparición de métodos estadísticos para el mismo fin y para la reducción de los niveles de inspección.

- La era del aseguramiento de la calidad (década de los cincuenta), que es cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad.

- La era de la administración estratégica por Calidad Total (década de los noventa), donde se hace hincapié en el mercado y en las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad en el proceso de competitividad.

El concepto de administración por Calidad Total (TQM por sus siglas en inglés) se ha convertido en el pilar fundamental de las empresas para enfrentar el reto del cambio de paradigma en la forma de hacer negocios.

Todo este proceso de constantes cambios empezó a tomar importancia al término de la Segunda Guerra Mundial y, en forma curiosa, son los países más directamente involucrados en ese conflicto quienes hoy entablan una férrea lucha por dominar los mercados mundiales, además de que han generado el conocimiento más importante del que se dispone para la administración y operación de organizaciones altamente competitivas; Estados Unidos de América como el gran triunfador de la guerra por un lado, y Japón como el gran perdedor, por el otro.

Es en aquel país, y después en éste, por influencia estadounidense, donde se empezó a gestar esta revolución de la calidad que ahora se ha esparcido por todo el planeta.

En Estados Unidos, los principales autores y precursores de los conceptos modernos de Calidad Total son: Philip B. Crosby, Edwards W. Deming, Armand V. Feigenbaum, Joseph M. Juran. En Japón encontramos como principales autores a: Kaoru Ishikawa, Shegeru Mizuno,

La teoría de la Calidad Total no es un concepto completamente original en el campo de la administración de negocios, ya que tiene sus raíces en otros campos

de esta área como: el desarrollo organizacional, las teorías de la motivación y comportamiento humano, la teoría del liderazgo, la administración científica, la cultura corporativa, el involucramiento de los empleados en la toma de decisiones, el trabajo en equipo, la organización matricial y muchos otros. Sin embargo, los principales autores en Calidad Total han tomado algunos de estos conceptos y los han integrado a otros aportados por ellos para crear lo que podríamos llamar la/teoría de la Calidad Total.

CAPÍTULO IV: Productividad en la construcción

La productividad ha sido objeto de estudio por parte de todo tipo de industrias y empresas, especialmente en esta época donde la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos, sin embargo, en la industria de construcción en México son pocos los estudios de productividad que se han realizado,¹ porque se desconocen metodologías para efectuarlos y se piensa que por el costo relativamente bajo de la mano de obra es ilógico incurrir en gastos de este tipo, por este motivo se desconoce la utilidad que tienen estos estudios en la planeación y control de una obra, especialmente en lo referente al rendimiento y hacer mejor uso del recurso “tiempo”. Como resultado de la carencia en nuestro medio de herramientas metodológicas de estudio de productividad en construcción y reconociendo su importancia, se elaboró el presente trabajo; en este capítulo se deja claro el concepto de la productividad, el impacto en empresas de construcción, ventajas y desventajas y se proponen metodologías

para lograr el mejoramiento de la productividad, que permite cuantificarla e identificar los factores que la afectan.

4.1 Definición de productividad

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo *Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad*, por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso, la información.

Por lo tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos (tierra, equipo y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra.¹⁶

¹⁶ Eric Allmon *et al.*, "U. S. Construction Labor Productivity Trends, 1970-1998" *Journal of Construction Engineering and Management*, (Va), 126: 2000, núm. 2, pp. 97-104.

Adicionalmente Niebel (2001)¹⁷, escribe que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. *“Algunos mencionan el capital como el recurso esencial para el desarrollo industrial y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser desperdiciado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla bien”* (Miyai, Centro de Productividad de Japón).

4.2 Impacto de la productividad en empresas de construcción

La situación de la industria de la construcción en los últimos años, los problemas generados por las altas tasas de desocupación laboral, el generalizado sentir de frustración de la sociedad por el gran esfuerzo que requiere mantenerse y desarrollarse, donde la consigna es competir en precio y calidad para mantenerse en el mercado, debido a una economía asignada por los cambios

¹⁷ B. Niebel, Ingeniería industrial: Métodos, Estándares y diseño del trabajo, Alfaomega, México, 2001

operados en el mundo de la globalización, induce a pensar con mayor intensidad en la “Productividad”, como elemento generador de “competitividad”, ya que ésta surge como una condición sustancial para el desarrollo económico y progreso social.

Al incrementar la competitividad y la productividad de la industria de la construcción, se pueden inferir los efectos positivos potenciales en los demás sectores, en el empleo, en el crecimiento que genera la industria de la construcción y esto constituiría a nivel nacional, el beneficio económico y social por lograr.

En la necesidad de incrementar la productividad, las empresas han tenido que mejorar los aspectos de calidad, el marco reglamentario, la capacitación y adiestramiento y las innovaciones, en pro de aumentar su nivel de participación dentro de la competencia que existe entre las empresas de esta industria. En éstas, los recursos humanos, técnicos, económicos, materiales y equipo son motivo y objeto permanente de optimización a través del incremento de su productividad, a fin de reducir costos en los bienes y servicios que se proporcionan a la comunidad.

Los índices de productividad coadyuvan asimismo en el establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico durante un proceso de construcción, señalando los estrangulamientos y trabas del rendimiento. Además, sin un buen sistema de medición no puede existir mejora en

las relaciones de trabajo o una correspondencia entre las políticas relativas a la productividad, los niveles salariales y la distribución de las ganancias.

4.3 Estrategias para mejorar la productividad¹⁸

- Asesoramiento práctico (ayudar en el “cómo hacer” en lugar de imponer el “usted debe”).
- Identificar y aplicar soluciones de bajo costo.
- Desarrollar soluciones orientadas a mejorar simultáneamente las condiciones de trabajo, la calidad de la construcción y la productividad del trabajo.
- Concebir mejoras adaptadas a las situaciones reales totales.
- Poner énfasis en la obtención de resultados concretos.
- Vincular las condiciones de trabajo con los demás objetivos gerenciales.
- Usar como técnica el aprendizaje a través de la práctica.
- Alentar el intercambio de experiencias.
- Promover la participación de los trabajadores.
- Diseñar correctamente los puestos de trabajo.
- Usar eficientemente la maquinaria.

¹⁸ Mohammad Khan, “Methods of motivating for increased productivity” Journal of construction engineering and management, (Nueva York), 9: 1993, núm. 2, pp. 148-156.

- Tener servicios de bienestar en el lugar de trabajo.
- Mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo

4.4 Ventajas de la producción en empresas de construcción¹⁹

- Mayor competitividad.
- Satisfacción del cliente.
- Confianza de clientes y proveedores.
- Permanencia en el mercado a mediano y largo plazo.
- Disminución y cumplimiento de los plazos de entrega.
- Disminución de costos.
- Uso eficiente de los recursos naturales y de la fuerza laboral, logrando con esto la reducción de desperdicios de materias primas.
- Eliminación de desplazamientos innecesarios de materiales y de trabajadores.
- Evita atrasos en las fechas de terminación de cada elemento en la obra.
- La reducción de los tiempos muertos de máquinas.
- Ahorro de energía.

¹⁹ Mohammad Khan, "Methods of motivating for increased productivity" Journal of construction engineering and management, (Nueva York), 9: 1993, núm. 2, pp. 148-156

- Se incorporan medidas serias para controlar los efectos negativos para el entorno de accidentes imprevistos.
- Recuperación de espacios de trabajo inutilizados
- Disminución de la rotación del personal.
- Mejoramiento continuo del capital humano y de un entorno que fomente la creatividad y la innovación, así como las relaciones laborales entre trabajadores

4.5 Métodos para evaluar y controlar la productividad²⁰

En esta sección se muestran diferentes métodos para obtener una mejor productividad. Encontrando en su desarrollo el *Estudio de Trabajo* que trata de las técnicas de estudio de métodos, estudio de tiempos y control de retrasos de los períodos de tiempo. También, el *Muestreo de actividades*, que describe un método para comprobar la productividad sin tener que esperar hasta que finalice una fase de trabajo o tener que seguir las operaciones de forma continua. Y por último *Incentivos*, que asocia el uso de los esquemas de incentivos económicos como elemento base para que las personas trabajen de forma positiva, logrando un mayor rendimiento individual y reduciendo el tiempo de realización de la actividad.

²⁰ Harris, F y R. Mc Affer, Construction Management (Manual de gestión de proyecto y dirección de obra), Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1999.

4.5.1 Estudio de trabajo

Se entiende por estudio del trabajo genéricamente a ciertas técnicas que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras. El estudio del trabajo tiene dos aspectos muy importantes y bastante diferenciados:

- Encontrar un mejor modo de realizar una tarea.
- Determinar cuánto se debe tardar en esa tarea.

Así, el estudio del trabajo consta de dos técnicas relacionadas entre sí. La primera, el estudio de métodos, se ocupa del modo de hacer un trabajo. La segunda, la medición del trabajo, tiene como meta averiguar cuánto tiempo se requiere para ejecutarlo.

La relación entre el estudio del trabajo y la remuneración, sea ésta el salario o un incentivo, es directa y muy importante mientras más complicado sea un trabajo, es decir, mientras más preparación y calificación requiera el individuo que desarrolla el trabajo, mayor va a ser la compensación y mientras mejor lo haga, entonces se merece ganar el incentivo.

4.5.1.1 Estudio de Métodos.

Es el registro de los procedimientos de trabajo y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras.

Surgen muchas situaciones en el trabajo de construcción, que se podrían identificar y mejorar al introducir el estudio de métodos. Dichas situaciones podrían manifestarse con los siguientes síntomas:

- Recurrir a un exceso de horas extras laborales.
- Si existen *cuellos de botella* en el flujo de materiales.
- Un excesivo desperdicio de materiales.
- Frecuentes averías en la maquinaria.
- Trabajos que provocan agotamiento físico.
- Un programa atrasado.
- Mala calidad en la ejecución de los trabajos.
- Retrasos provocados por subcontratistas, o subcontratistas afectados por retrasos.
- Excesivos fallos y errores.
- Escasez de recursos.
- Información insuficiente. Obra congestionada.
- Malas condiciones de trabajo.
- Costes excesivos.

- Alta rotación de personal.
- Trabajos temporales mal programados.
- Mala distribución de la obra.

Los pasos a seguir en el estudio de métodos sirven para analizar y reducir los problemas mencionados en la lista anterior mediante una serie de medidas que veremos a continuación:

1. Obtención de los hechos: Reunir todos los hechos importantes en relación al producto.
2. Presentación de los hechos: Toda la información se registra en orden para su estudio.
3. Efectuar un análisis: Para decidir cual alternativa produce el mejor servicio o producto. El análisis requiere un examen crítico de cada operación registrada, en forma de preguntas y respuestas.
4. Desarrollo del método ideal: Seleccionar el mejor procedimiento para cada operación.
5. Presentación del método: A los responsables de su operación y mantenimiento.
6. Implantación del método: Considerando todos los detalles del centro de trabajo.
7. Desarrollo de un análisis de trabajo: Para asegurar que los operadores están adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.

8. Establecimiento de estándares de tiempo: Estos deben ser justos y equitativos.
9. Seguimiento del método: Hacer una revisión o examen del método implantado a intervalos regulares.

4.5.1.2. Medición del trabajo o Estudio de tiempos (o plazos).

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida. Es necesario disponer de dicha información durante el proceso de estimación, para poder establecer incentivos económicos, como parte de los datos del estudio de métodos y también se puede emplear para contrastar los niveles de ejecución reales con los niveles teóricos.

El propósito de la medición del trabajo es averiguar cuánto debe tardarse en realizar el trabajo. Esta información se puede usar para dos objetos principales:

- En primer lugar, se puede emplear retrospectivamente para valorar el rendimiento en el pasado.
- En segundo lugar, se puede utilizar mirando hacia adelante, para fijar los objetivos futuros.

Las aplicaciones de datos de medición del trabajo son muy amplias y se pueden utilizar en:

- La determinación de niveles de mano de obra en actividades de la construcción.
- La determinación de niveles de referencia de utilización de maquinaria y rendimiento humano.
- Proporcionar las bases para metas de incentivos financieros seguros.
- Proporcionar las bases para el control de costes fijando niveles de referencia para los objetivos de rendimiento. La determinación del método más económico entre las alternativas.

Se necesitan datos precisos de los plazos para estimadores y planificadores a la hora de contratar organizaciones. El método de estudio de plazos intenta cuantificar los factores que interfieren con las condiciones normales para poder establecer un plazo “correcto” para el trabajo en cuestión, como son: la habilidad del trabajador, el estado de los equipos empleados, entre otros. El procedimiento a seguir para la medición del trabajo es el siguiente:

1. El trabajo a observar se deberá dividir en elementos, para facilitar su posterior síntesis. Así, una observación directa, no sería necesaria una vez que la base de datos esté lo suficientemente desarrollada, para incluir la mayor parte de los elementos o tareas de la construcción.

2. Contar con los equipos básicos para lograr la medición y el registro de información relativo al avance de la obra que consisten en un cronómetro, una tabla de estudio y unas hojas de estudio de plazos preparados con antelación, además de una calculadora de bolsillo, una cinta métrica, un micrómetro, entre otros, según el tipo de trabajo en cuestión.
3. Hablar con los trabajadores y con su encargado para explicarles el objetivo del ejercicio. En la mayor parte de los casos los trabajadores desean colaborar si el estudio va a tener como resultado unos ingresos más elevados o un trabajo menos fatigoso.
4. Es aconsejable elaborar un croquis del trabajo y anotar los detalles generales como las condiciones meteorológicas y las condiciones en la obra, la fecha, la hora, apuntes sobre el acceso al lugar de trabajo, proximidad de suministros, herramientas y equipos a utilizar, mencionando algunos ejemplos.

Sin embargo, debido a que el objetivo del estudio es obtener un plazo de tiempo realista para el elemento, el observador deberá juzgar el ritmo de trabajo efectivo de las personas bajo observación, ya que el tiempo empleado por un trabajador u otro diferente para hacer la misma tarea puede variar. Este proceso es denominado clasificación.

Es necesario que el profesional de estudio de plazos tenga un concepto determinado de clasificación estándar, lo cual se logra en base a la experiencia, al juzgar distintas velocidades de movimiento, esfuerzo, constancia y destreza. Según Frank Harris y Ronald McCaffer el BS (British Estándar Glossary) 3138 define la *clasificación estándar* como:

“La clasificación correspondiente al ritmo medio por el que trabajadores calificados ejecutan una tarea, siempre y cuando se atengan al método especificado y se encuentren motivados para realizar la labor. Si se mantiene la clasificación estandarizada y se disfrutan de los descansos correspondientes, un trabajador logrará un rendimiento estándar durante el día o turno laboral”. El profesional deberá poder diferenciar entre ritmos rápidos, medios o lentos; por tal motivo y para facilitar una descripción adecuada de la medición de la velocidad, el BS propone una escala según los distintos niveles de rendimiento de un trabajador, basados en un periodo corto de tiempo, y esta es:

- 125: Muy rápido; mucha destreza; alta motivación.
- 100: Activo; destreza especializada; motivado.
- 75: No muy rápido; destreza media; poco interés.
- 50: Muy lento; sin destreza; sin motivación.

El plazo básico o normal para la ejecución de un trabajo se calcula de la siguiente manera:

$$PB = \text{Tiempo observado} \times (\text{Clasificación estimada} / \text{Clasificación estándar}) \quad (1)$$

Esto es, que el plazo básico o normal es el tiempo que un trabajador especializado tarda en realizar una tarea específica a un nivel determinado de ejecución. En la práctica no se espera que un trabajador alcance este nivel si no toma el descanso necesario.

Factores que afectan la clasificación:

- El observador deberá tomar precauciones contra las malas prácticas.
- El observador deberá tratar de estimar el nivel de esfuerzo real necesario para ejecutar el trabajo en cuestión.
- Factores que influyen en el plazo de observación pero no en la clasificación:
 - o Calidad de las herramientas empleadas.
 - o El tipo y la calidad del material sobre el que se está trabajando.
 - o Condiciones laborales.
 - o El periodo de aprendizaje necesario antes que el trabajador esté familiarizado con la tarea.
 - o Interrupción en el suministro de materiales.
 - o La supervisión.

- o Las especificaciones de calidad, entre otros.
- Factores atribuibles al trabajador:
 - o Nivel de inteligencia y estudios.
 - o Actitud y motivación.
 - o Aptitud y formación.
 - o Disciplina y organización personal.
 - o Salud.
 - o Nivel de fatiga.

Es difícil determinar el tamaño correcto del muestreo, pero se deberán realizar las suficientes observaciones para cubrir los posibles cambios que se puedan llevar a cabo a lo largo de un día laboral. El método más sencillo sería apuntar el plazo básico medio acumulado junto al número de observaciones.

Hasta ahora, para calcular el plazo básico de un elemento se ha ignorado la necesidad por parte de los trabajadores de disponer de periodos de descanso durante un turno laboral de varias horas de duración. Así que, para establecer el *plazo estándar* es necesario incluir periodos de descanso, además de imprevistos. Por ejemplo:

$$\text{Plazo estándar} = \text{plazo básico} + \text{periodos de descanso} + \text{imprevistos} \quad (2)$$

Dada la variabilidad en trabajos de construcción, la diferencia entre plazo estándar y plazo básico de un trabajador puede ser bastante considerable, y como consecuencia, la mayoría de los registros o bases de datos relacionadas con plazos de ejecución se mantienen como plazos básicos y el usuario debe aplicar los imprevistos adecuados según sea necesario.

Para obtener el plazo estándar final, es necesario incluir tiempo adicional para contingencias como:

- Ajuste y mantenimiento de herramientas.
- Tiempo de espera, debido a subcontratistas, averías en la maquinaria, falta dematerial, etc.
- Condiciones de obra inesperada.
- Plazo de aprendizaje.
- Tareas únicas.
- Cambios en el proyecto.

Lo último para el estudio de plazos o tiempos es comparar los rendimientos. Una vez establecidos los plazos para los elementos, facilitan una base para el cálculo, la planificación y el control del trabajo. En especial, cálculos de plazos estándar se pueden emplear en la comparación con el tiempo real necesario para la ejecución de una tarea, por ejemplo:

Rendimiento = Plazo estándar total/(Minuto/hombre de tiempo de trabajo disponibles) (3)

Los datos relativos a un estudio de plazos son costosos de recopilar y no se pueden recopilar de forma rápida, sobre todo en la ingeniería civil, donde las variables en una obra complican la interpretación de los datos. Sin embargo, en los trabajos de edificación y otras actividades de naturaleza más estable, los plazos básicos son útiles a la hora de estimar y planificar. Un método para almacenar los datos en archivos informáticos para su posterior aplicación es el de cálculos sintéticos. Además, la creciente sofisticación de los programas de tratamiento de texto, hojas de cálculo y bases de datos está facilitando el análisis de los datos, ya que el traspaso de los mismos desde un ordenador a otro es bastante fácil con el uso de una conexión por cable.

El método de cálculos sintéticos trata de lo siguiente:

- Analizar el trabajo según elementos adecuados.
- Seleccionar un plazo básico adecuado a partir de los datos registrados según cada elemento.
- Estimar las asignaciones de descanso y determinar el,
- Plazo para el trabajo entero.
- Asignar las contingencias para establecer el,
- Plazo básico del trabajo definido.

4.5.2 Muestreo de Actividades.

A diferencia del método de estudio del trabajo, el muestreo de actividades es un método sencillo que puede ser empleado por personal no especializado para estimar la eficiencia productiva. Muchas veces se utiliza este método, debido a que en construcción las condiciones en que se labora en obra no son lo suficientemente estables para que se puedan realizar los procedimientos administrativos correctamente. Pero el gerente del proyecto tiene que saber de forma continua si la obra está funcionando eficazmente. Esta técnica de muestreo de actividades es un método que facilita al gerente del proyecto una herramienta bastante sensible para realizar un trabajo similar al de estudio de plazos, pero sin la desventaja del tiempo que transcurre entre la observación y la entrega del informe, a la hora de aplicarse a trabajos de construcción.²¹

4.5.2.1. Cálculo a pie de obra.

Este cálculo en obra facilita información preliminar, antes de la elaboración de un muestreo de actividades completo. Por ejemplo:

²¹ Ewe Chye Lim, "Influence of management and labor of construction productivity in singapore" Building research and information, (Singapur), 21: 1993, núm. 5, pp. 296-303, 2000, <http://www.dialogweb.com>.

Cuota de actividad = (Personas activas observadas/total de trabajadores en obra)
x 100 (4)

Si la cuota es preocupante, se justifica una investigación más a fondo. El número total de hombres observados deberá estar entre un 75% y un 80% del total de la mano de obra empleada. La técnica de cálculo a pie de obra sólo puede servir de guía, ya que el número de observaciones es reducido.

4.5.2.2. Procedimiento para realizar un muestreo de actividades.

1. Elaborar un sondeo preliminar con el fin de obtener una idea general del problema. La información recopilada ayudará a la hora de decidir el tamaño de la sección de trabajo a estudiar y el número de trabajadores implicados.

2. Identificar los trabajadores por su nombre y elaborar una lista de las operaciones y tareas a estudiar. A veces, no hace falta entrar en más detalle que especificar “trabaja” o “no trabaja”, pero en el caso de una investigación más a fondo será necesario más precisión respecto al tipo de trabajo.

3. Preparar una hoja de observaciones para registrar la información.

4. Consultar al supervisor de las obras y asegurarse de que todo el mundo esté debidamente informado. En todo caso se podría crear un estado de malestar, que podría ir en aumento y servir de justificación a supuestos agravios.

5. El número de observaciones necesarias suela ser bastante grande; así

que se deberá planificar una tabla de tiempos de observación. Las observaciones se pueden realizar a intervalos regulares.

6. Escoger un lugar adecuado de observación.

7. Registrar cada actividad que esté en ejecución en el mismo instante en que es observada, además del nombre del trabajador en cuestión.

8. A partir de los porcentajes de las actividades observadas, escoger la actividad o las actividades que muestren un tiempo de ejecución desproporcionado.

Si la técnica de muestreo de actividades se aplica correctamente y con cuidado, se puede utilizar para determinar los datos de salida de producción para utilizar en los procesos de estimación y planificación de la duración de las actividades.

4.5.3 Incentivos.

La forma más segura de lograr que las personas actúen de manera deseable es recompensarlas por hacerlo, en otras palabras, darles incentivos. Esto es tan cotidiano y claro para todos que se podría pensar que difícilmente merece mencionarse, pero sí lo merece. Se puede decir que las personas no deberían ser

recompensadas (sobornadas) para hacer cosas deseables; aún cuando acepte que los incentivos son necesarios, no resulta siempre claro el cómo establecer cuáles son aquellos que motivarán a las acciones deseadas.

Convencer a la gente que los incentivos son apropiados es un desafío, pero más lo es el determinar los incentivos apropiados. Por supuesto, queremos incentivos que motiven a las personas a actuar en las formas deseadas, pero ¿qué es lo deseado? En algunas situaciones, la respuesta es fácil de contestar, pero no siempre.

Los esquemas de incentivos son muy utilizados en la industria de la construcción, hasta el punto en que en muchos casos no se puede contratar a trabajadores si no se les ofrece un plan de incentivos. La historia de las remuneraciones incentivadas habla de la problemática y conflictos que existen entre dirección y trabajadores.

En la industria de la construcción la recopilación de datos no es muy confiable debido a que se basa en trabajos sobre proyectos específicos, restringiendo las ventajas que se obtendrían en condiciones más estables. Las metas productivas fijadas por la dirección, y sobre las que dependen las primas, suelen ser normalmente imprecisas. Como resultado, los trabajadores sufren grandes variaciones en sus ingresos, lo que lleva a algunos sindicatos a pedir la sustitución de incentivos económicos por un salario mínimo más elevado, situación

que la dirección no está dispuesta a llevar a cabo por temor a incrementar el coste del proyecto. La situación que actualmente prevalece consiste en el pago de primas a cambio de incentivar al trabajador para que rinda a un nivel normal.

4.5.3.1 Sistemas de pago, remuneración y rendimiento.

Los métodos dentro de la industria de la construcción que consisten en ofrecer incentivos económicos a trabajadores manuales e incentivos no económicos o sólo parcialmente a trabajadores administrativos y directivos.

4.5.3.1.1 Incentivos no económicos.

Este tipo de incentivos son bastante intangibles y son los relacionados con las necesidades superiores de Maslow, que son: las personas esperan sentirse necesitados en el trabajo, ganarse el respeto de la dirección y de sus compañeros e identificarse con una especialidad en particular; En especial, suponen el cumplimiento de aquellas necesidades denominadas “motivadoras” por Herzberg, las cuales son: logros, reconocimiento, el trabajo en sí, adquirir responsabilidades y oportunidades de mejorar. Así que los incentivos ofrecidos suponen un reconocimiento de la importancia del individuo y la necesidad de participación en

grupo para lograr una satisfacción social. En la mayoría de los casos, es necesario ofrecer incentivos más tangibles, frecuentemente se trata de incentivos semieconómicos.²²

4.5.3.1.2. Incentivos semieconómicos.

Este tipo de incentivos no se basa en el pago de dinero en efectivo, sino que se concentran en ventajas supletorias, como pueden ser vacaciones pagadas, comedores, bonos de restaurante, instalaciones deportivas, planes de pensiones, coches de empresa, facturas telefónicas a cargo de la empresa, cuentas de gastos, entre otros. Este tipo de beneficios suele ofrecerse generalmente a personal asalariado cuyos puestos son difíciles de cuantificar en términos productivos puros.

4.5.3.1.3. Planes de incentivos económicos.

Este tipo de incentivos provocan que la gente se encuentre más motivada a la hora de trabajar, en especial si el trabajo se basa en un rendimiento cuantificado. Los objetivos de los planes de incentivos económicos son:

²² Diane E. Papalla y Sally Wendkos, Desarrollo Humano, Mc. Graw Hill, México, 1992, 692 pp.

- Mejorar la productividad.
- Fomentar mejores sistemas de trabajo.
- Proporcionar la oportunidad de tener ingresos superiores, pero sin aumentar los costes unitarios.

4.5.3.2 Principios de un buen esquema de incentivos.

- La prima se pagará a los trabajadores en directa proporción al esfuerzo aplicado.
- Los ingresos del trabajador no se limitarán de ninguna forma.
- Las metas fijadas serán factibles y se mantendrán inalteradas.
- Se deben excluir los inevitables retrasos de las horas pagadas como prima y se pagarán a la cuota base.
- El esquema deberá ser totalmente comprensible para el trabajador para que pueda calcular su prima.
- Los esquemas de incentivos pueden provocar trabajo de calidad inferior, así que se deberán incluir y aplicar sanciones.
- El esquema deberá cumplir la normativa sindical específica.
- Buena planificación para asegurar que los planos se actualicen, los materiales lleguen a tiempo, etc.
- El esquema deberá estar integrado con el sistema de control de costes.

4.5.3.2 Fijación de metas.

Algunas de las fuentes de información a disposición del gerente de una obra, a la hora de fijar metas de ejecución para fines de incentivos, son las siguientes:

- Experiencia personal.
- Retroalimentación.
- Datos de estudio de trabajo.
- Cuotas de los fabricantes.
- Demostración en obra.
- Información estándar.

4.5.4. Modelo de los factores.

Thomas presenta en 1990 el *modelo de los factores* como una herramienta eficaz en la medición de la productividad en trabajos de construcción; conceptualmente se basa en un enfoque dado a la construcción como un sistema abierto (Drewin, 1985), mostrado en el siguiente esquema:²³

²³ H. Randolph Thomas y Karl A. Raynar, "Scheduled Overtime and Labor Productivity: Quantitative Analysis" *Journal of Construction Engineering and Management*, (Nueva York), 123: 1997, núm. 2 pp.181-188.

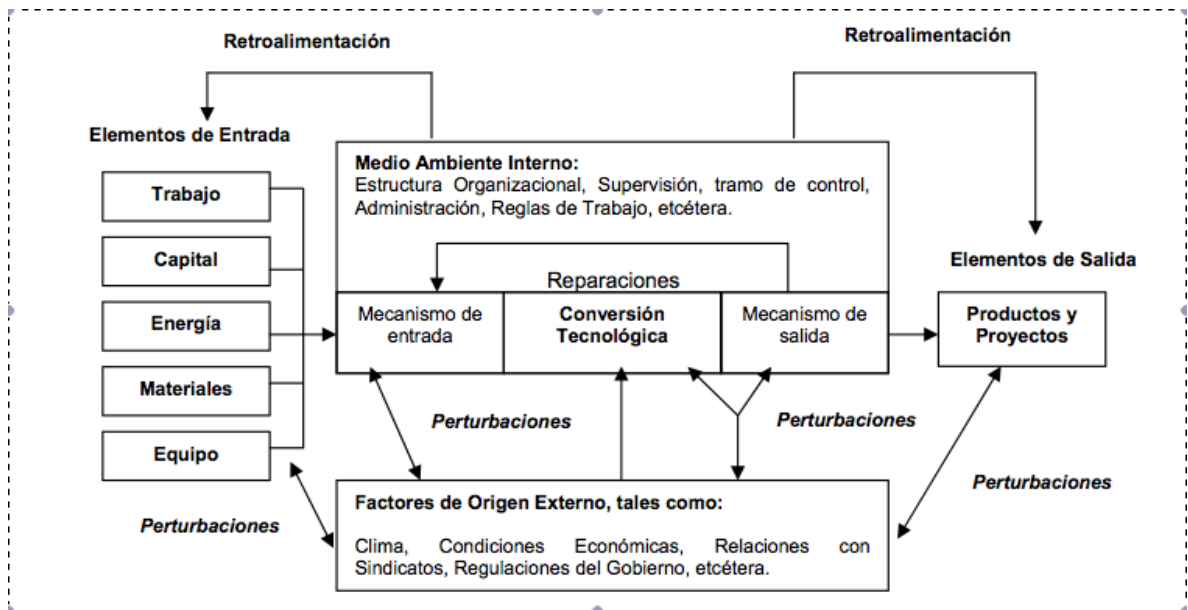


Figura 4. La construcción como proceso de conversión abierto.

Este arreglo contempla que en la industria de la construcción la productividad se ve afectada, durante el proceso de conversión tecnológica por ciertas influencias internas y externas, así como por perturbaciones no definidas. Thomas clasifica esas influencias o factores en dos categorías: el ambiente de trabajo, relacionado con el contexto interno y externo; así como el contenido de trabajo, referido al proyecto y especificaciones de diseño, que determinan el grado de complejidad del proceso constructivo. Aplicado al análisis de la mano de obra, el modelo puede ser visualizado así:²⁴

²⁴ Thomas y Raynar, art. Cit., p. 181

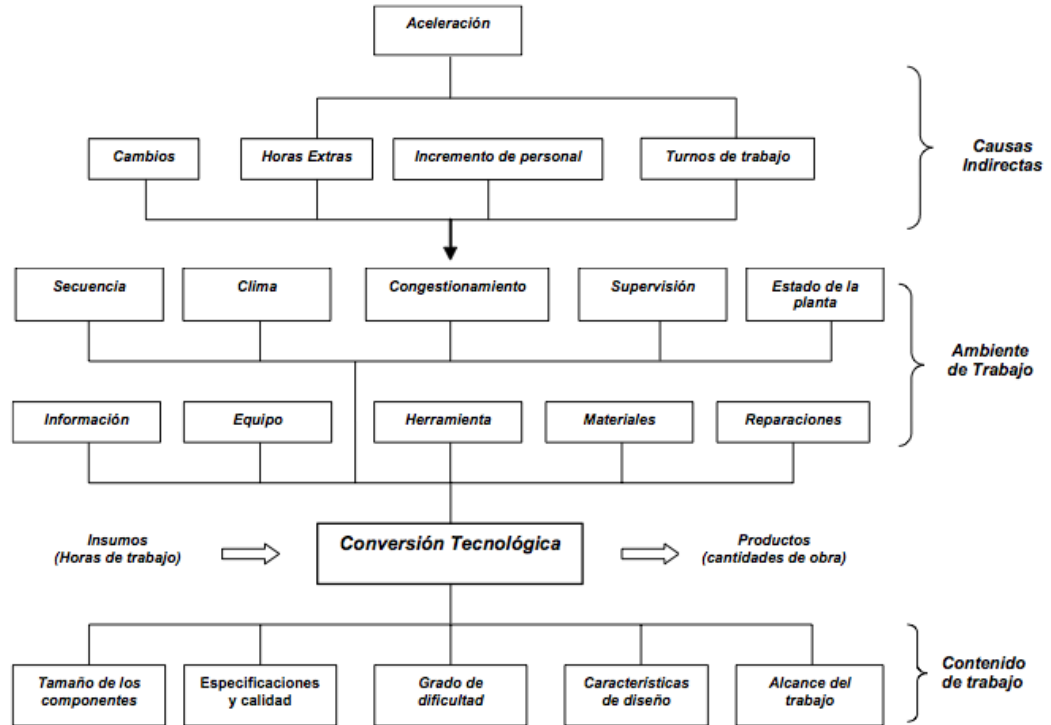


Figura 5. Representación detallada del modelo de los factores.

En forma detallada, los factores que influyen en el ambiente de trabajo son: falta de herramientas y equipo, suministro irregular de materiales, supervisión deficiente, clima adverso, problemas de ingeniería, esperas por secuencias de actividades, reparaciones, congestionamientos en el sitio, etcétera. De igual forma, Thomas sugiere que el ambiente de trabajo puede verse afectado por causas indirectas como resultado del incremento o aceleración del ritmo de trabajo; principalmente, la programación de horas extras, cuyo empleo en lugar de propiciar un aumento en la productividad de la mano de obra, puede ocasionar un efecto en sentido inverso. Por su parte, el contenido de trabajo afecta la

productividad debido a los cambios relacionados con las especificaciones y calidad, grado de dificultad, alcances y características del diseño, que frecuentemente se presentan durante el desarrollo de una misma obra, según la parte específica del proyecto que se ejecuta cada día.

La aplicación práctica de este modelo, consiste básicamente en medir las cantidades de obra realizadas en un día, observando el trabajo efectuado por una cuadrilla previamente elegida, misma que constituye la unidad básica de observación, registrando en cédulas especiales los factores que pudieron haber afectado el rendimiento de los trabajadores, incluyendo el tiempo que los trabajadores emplean en actividades que no forman parte del trabajo directo, por ejemplo el manejo o movimiento de materiales, instalación y desmantelamiento de andamios, limpieza de la obra, etcétera; de igual forma se lleva un registro de estímulos asociados al incremento de la productividad, tal como: metas o tareas mínimas previstas para la jornada o el pago de incentivos económicos.

Los datos recolectados en un período de tiempo finito, dan lugar a la creación de una base de datos, con la cual es posible calcular la productividad diaria y acumulada del proyecto, combinando la cantidad de obra realizada con las horas invertidas por la cuadrilla en conjunto; así como efectuar un análisis sobre el desempeño de la organización dentro de la empresa y el efecto del diseño y clima en la ejecución de los trabajos.

Es necesario especificar que para fines prácticos, de los métodos que se mencionan en este capítulo se utilizarán tres para desarrollar en el caso de estudio del capítulo cinco. Dichos métodos son: Estudio de métodos, Modelo de los factores y Medición del trabajo, esto es debido a que son métodos que se pueden adaptar al proyecto e incluso a otro tipo de proyectos y con ellos se pueden obtener resultados interesantes para el entendimiento de la productividad en la construcción. Además, es necesario comentar que los resultados obtenidos en cada uno de ellos, se complementan para hacer una mejor medición de la productividad.

CAPÍTULO V: Planeación Tradicional

5.1 Introducción

En el presente capítulo, se resume la teoría básica del método de ruta crítica, utilizada tradicionalmente en la planeación y control de todo tipo de proyectos de construcción. Este método de la ruta crítica conocido como CPM por sus siglas en inglés, en esencia consiste en la representación del plan de un proyecto a través de un diagrama esquemático o red que bosqueja tanto la secuencia y la interrelación de todos los componentes del proyecto, como el análisis lógico y la manipulación de dicha red para determinar el mejor programa general de operación. La red está orientada por actividades representadas por flechas que llegan a cada nodo indicados por círculos que representan un evento. Generalmente, la longitud de la flecha no tiene significado y solo indica el paso del tiempo en una dirección dada. El inicio de todas las actividades que parten de un nodo dependen de la terminación de todas las actividades que llegan a él; por ello,

el evento que representa cualquiera nos e logra hasta que todas las actividades que ocurren no han terminado.

5.2. Codificación de las actividades.

5.2.1. Flechas

Se utilizan para señalar una actividad; la cola representa el inicio y la punta la terminación de la misma; la dirección convencional es de izquierda a derecha. Las flechas no tienen a escala, excepto para diagramas a escala de tiempo, y deben ser horizontales o inclinadas pero siempre con dirección hacia el frente. Ejemplos.

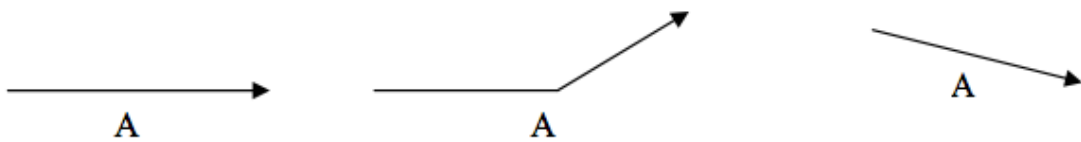


Figura 6. Flechas.

5.2.2. Nodos

Los nodos representan un evento y no tienen duración. Toda actividad está ligada a dos eventos. Se representan con círculos; el evento *i* corresponde a un punto en el tiempo en el cual para que suceda, todas las actividades que le preceden deben estar terminadas. El evento *j* ocurre al final de una o varias actividades. Ejemplo:

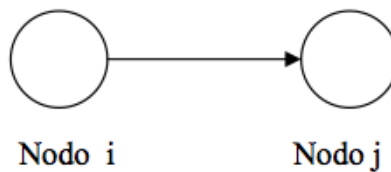


Figura 7. Nodos

5.2.3. Actividades ficticias

Se representan por medio de flechas con línea punteada y no tienen duración. Se utilizan únicamente para indicar una dependencia en la secuencia lógica de las actividades normales. Ejemplo:



Figura 8. Actividades Ficticias

5.2.4. Método de numeración de los eventos

Una vez que la red está formada, los eventos se numeran barriendo de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, utilizando números pares, dejando los impares para el caso de que se haya omitido alguna actividad.

5.3. Reglas básicas para la construcción de una red de CPM

Deberán seguirse 5 pasos sencillos que se enlistan a continuación:

- a) Antes de que una actividad comience, todas las actividades precedentes deben estar terminadas.
- b) Las flechas indican solamente precedencias lógicas c) Los números de los eventos no deben duplicarse.
- d) Cualquiera de dos eventos puede estar directamente conectado por no más de una actividad.
- e) La red tiene un solo evento o nodo inicial y uno final.

Un punto importante que debe observarse en el método es que consiste en un proceso abierto que permite diferentes grados de intervención por la dirección de acuerdo a las distintas necesidades y objetivos que se tienen en el proyecto.

5.4.- Cálculo de tiempo de los eventos

Los eventos son un punto en el tiempo, sin duración y solamente suceden, por lo que el evento tendrá cuatro tiempos de ocurrencia.

5.4.1. Duración (D)

Representa la duración de la actividad en jornales o días de trabajo.

5.4.2. Tiempo más temprano o primer inicio (PI)

Es el tiempo más pronto en que puede iniciar una actividad.

5.4.3. Tiempo más tardío o última terminación (UT)

Es el tiempo más tardío en que puede suceder un evento o actividad.

5.4.4. Primera terminación (PT)

Se define como el tiempo más temprano que un evento o actividad puede terminar. Este valor, resulta de la suma del primer inicio y la duración de la actividad.

$$PT = PI + D \quad (5)$$

5.4.5. Último inicio (UI)

Se define como el tiempo más tardío en que un evento o actividad puede iniciar. Es el valor resultante de la diferencia de la última terminación y la duración de la actividad.

$$UI = UT - D \quad (6)$$

5.4.6. Tiempo cero

Es el final del día anterior al inicio del proyecto y punto de partida para el cálculo de todas las actividades en la red.

Una vez trazada la red, se procede a calcular los tiempos más próximos y tardíos de inicio y terminación para todos los eventos del proyecto; con estos datos se pueden obtener las holguras y determinar la ruta crítica del proyecto.

5.4.7. Holgura total (HT)

Es el lapso de tiempo que puede posponerse la terminación de una actividad, sin que se modifique la duración total del proyecto. Su valor será la diferencia entre su última y su primera fecha de terminación, o entre su última y primera fecha de inicio.

$$HT = UT - PT - D \quad (7)$$

5.4.8. Holgura libre (HL)

Es la cantidad de tiempo que la terminación de una actividad puede ser demorada sin afectar el primer inicio de cualquier otra subsiguiente en la red.

$$HL = PI_j - P_{Li} - D \quad (8)$$

5.5. Ruta Crítica

Las actividades que forman la ruta crítica son aquellas que no tienen holgura, es decir, si existiese algún atraso en cualquiera de esas actividades, el proyecto en cuestión se atrasaría en igual medida, debido a que no se tendría más tiempo para ejecutar dicha actividad. Con la suma de las duraciones de estas actividades, se obtiene la duración total del proyecto.

5.6. Ajustes de tiempo-costos.

Cualquier proyecto de construcción se divide con facilidad en un número de procesos u operaciones, cada uno de los cuales puede realizarse mediante diferentes combinaciones de los métodos de construcción, del equipo, de los tamaños de las cuadrillas de obreros, y de las horas de trabajo. Los factores más importantes pueden ser el costo, el tiempo o ambos. La primera impresión es que el costo directo de cada operación debe predominar, con el fin de que las tareas

puedan terminarse con el costo total más bajo, pero el costo total del proyecto incluye todas las cargas indirectas y los gastos generales asociados a la ejecución completa de los trabajos, y éstos son proporcionales al tiempo.

El problema costo-tiempo tiene un número infinito de soluciones. Si el tiempo careciera de importancia, cada operación, se realizaría de forma que el costo directo fuese el más bajo. Si el costo no tuviera importancia cada proceso podría acelerarse con el fin de terminarlo en el menor tiempo posible. El acelerar un proceso puede aumentar su costo y reducir el tiempo, pero no puede reducir el tiempo total del proyecto a menos que sea una actividad en la cadena de la ruta crítica, por lo que se puede deducir entonces, que existe una relación entre la duración de una actividad y el costo de su ejecución.

La solución del problema tiempo-costo no es simple. Todos los costos varían con el tiempo, los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible y los indirectos aumentan con el tiempo, para encontrar una solución real del proyecto, se deben hacer varios supuestos relacionados con la curva tiempo-costo:

El primero, es que cada actividad tiene alguna clase de relación tiempo-costo en la mayoría de los casos, pero podría haber alguna actividad que tuviera un costo fijo sin importar el tiempo que se necesite para ejecutarla. El segundo es que la variación en los tiempos y costos es lineal, es decir, aumentan o disminuyen en

forma proporcional. Por lo tanto, el equilibrio correcto entre tiempo y costo es lo que da la solución óptima.

La importancia en la planeación de la obra, consiste en fijar de antemano los costos de materiales, equipos y rendimientos de la mano de obra para una duración esperada del proyecto, haciendo los ajustes necesarios durante la ejecución.

Con este método se obtienen las actividades a evaluar y observar dentro de un esquema de calidad y productividad en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO VI: Aplicación

Caso de estudio: Análisis de la calidad y la productividad en la construcción de un aula didáctica.

En esta fase se presenta un caso de estudio donde se analiza el impacto de la calidad y productividad en la construcción de un aula didáctica, ejecutada en la ciudad de Cancún, Quintana Roo, de acuerdo a los siguientes datos:

6.1. Información general

6.1.1. Nombre del proyecto

Construcción de edificio B, aula didáctica adosada.

6.1.2. Ubicación de la obra

Escuela Primaria Niño Mexicano en Cancún, Quintana Roo.

6.1.3. Dependencia responsable del proyecto

Comisión para la infraestructura educativa del estado de Quintana Roo.

6.1.4. Procedimiento constructivo

La construcción consiste en una estructura simple de marcos con trabes, columnas y zapatas aisladas, todo de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, y acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Los materiales empleados son los comunes de la región, a saber: piedra de hilada para la cimentación de mampostería, relleno con material calizo no consolidado, conocido en la zona como Sahcab, block hueco de concreto de 15 cm x 20 cm x 40 cm en los muros, viguetas de concreto pretensado T12-5 y bovedillas de concreto de 15 cm x 20 cm x 56 cm para la cubierta. Se utilizó cemento gris tipo I, cal hidratada, polvo de piedra, grava y armadura electrosoldada 66-1010 de acuerdo al concepto de trabajo a ejecutar; los andamios se habilitaron con bloques y tablas y la cimbra para castillos y cerramientos con perfiles laminados de acero, sujetos con alambre recocido. Los acabados son los tradicionales de tres capas, repellado con 3 morteros diferentes para darle el acabo adecuado; el piso de cerámica de 33 x 33 cm sobre firme de concreto, y la cancelería de madera con persianas horizontales formada con riel tipo U y tabloncillos de 20 cm de ancho por una pulgada de espesor para protección

6.2. Programación

El programa de obra se efectuó utilizando el método de ruta crítica, agrupando las actividades de construcción en partidas, como se aprecia en la siguiente tabla de costos y duraciones normales:

Descripción	Símbolo	Dependencia	Duración	Costo
Preliminares	A	-	18	25,257.52
Losas y cadena de borde	B	C	10	30,962.52
Albañilería y Acabados	C	A	30	50,391.97
Instalaciones	D	C	8	4,875.00
Adheridos	E	B	17	25,403.46
Cimentación de obra exterior	F	-	5	3,267.00
Albañilería de obra exterior	G	F	10	8,957.38
Instalaciones de obra exterior	H	G,D	5	12,435.00
Adheridos de obra exterior	I	H	2	3,005.00
Total				\$164,554.85

Tabla 2. Costos directos y duraciones normales de la obra.

De acuerdo a la tabla anterior, el diagrama de ruta crítica quedó así:

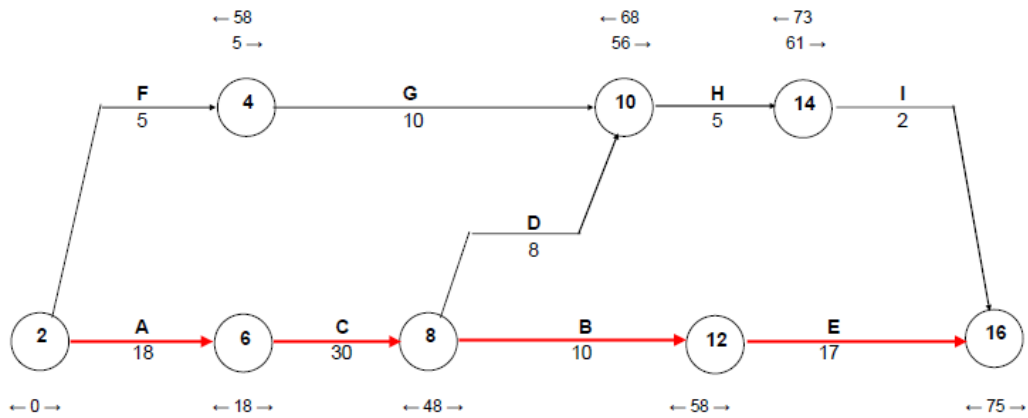


Figura 9. Ruta crítica original del proyecto.

El cálculo analítico de la ruta crítica se presenta en la siguiente tabla:

Partida	Duración	PI	PT	UI	UT	Holgura total	Ruta Crítica
A	18	0	18	0	18	0	Si
B	10	48	58	48	58	0	Si
C	30	18	48	18	48	0	Si
D	8	48	56	60	68	12	No
E	17	58	75	58	75	0	Si
F	5	0	5	53	58	53	No
G	10	5	15	58	68	53	No
H	5	56	61	68	73	12	No
I	2	61	63	73	75	12	No

Tabla 3. Cálculo de la ruta crítica del proyecto.

Aquí puede observarse que las partidas D, F, G, H e I, tienen holguras totales que van de los 12 hasta los 53 días, por lo que el estudio se concentró en el resto de las partidas A, B, C y E, las cuales se encuentran en la ruta crítica, es decir, que no tienen holgura y que por tanto rigen la duración total del proyecto que fue de 75 días, consistentes en jornadas diurnas de 8 horas de lunes a sábado.

6.3. Medición de la productividad.

Con los datos obtenidos de la bitácora de obra, se aplicarán tres modelos utilizados para medir la productividad, los cuales son:

1. **Modelo de los factores:** el cual sirve para calcular los índices de productividad con la tasa unitaria de productividad y todos aquellos factores que la han impactado positiva o negativamente.
2. **Medición del trabajo o estudio de tiempos:** para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado para llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.
3. **Estudio de métodos:** donde se registran los procedimientos de trabajo de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras.

6.3.1. Aplicación del modelo de los factores.

Estos índices de productividad se expresan como una tasa unitaria de productividad (TUP), calculada como sigue:

$$\text{TUP} = \text{Insumo humano (horas/hombre)/cantidad ejecutada} \quad (9)$$

En la tabla siguiente se resumen los resultados de la TUP para las partidas críticas.

Actividades	Unidad	Cant. Ejecutada	Horas/Hombre		TUP	
			Prog.	Real	Prog.	Real
A.- Preliminares			Prog.	Real	Prog.	Real
Limpieza, trazo y nivelación*	M ²	93.12	16	33	0.172	0.354
Excavación	M ³	14.50	256	258	17.655	17.793
Rellenos*	M ³	65.86	48	66	0.729	1.002
Concreto en cimentación	M ³	2.97	32	35	10.774	11.785
Cimbras	M ²	26.42	16	18	0.606	0.681
Acero en cimentación ⁺	Kg	172.51	24	17	0.139	0.099
Mampostería*	M ³	12.53	40	51	3.192	4.070

B.-Losa y cadena borde						
Losa de azotea de vigueta	M ²	88.84	168	172	1.891	1.936
Cadena de borde en losa	ML	26.96	72	70	2.671	2.596
C.-Albañilería y acabados						
Cadena de concreto armado	ML	24.20	24	22	0.992	0.909
Castillo de concreto armado	ML	86.02	160	164	1.86	1.907
Muro de block hueco*	M ²	36.63	32	50	0.874	1.365
Firme de concreto	M ²	47.10	46	48	0.977	1.019
Piso de cerámica*	M ²	47.10	32	44	0.679	0.934
Piso de concreto	M ²	24	32	33	1.302	1.341
Aplanados en muros	M ²	94.57	96	98	1.015	1.036
Aplanados en plafones	M ²	89.89	64	65	0.712	0.723
Pintura vinílica	M ²	254.26	40	39	0.157	0.153
Limpieza de pisos	M ²	70.60	32	32	0.453	0.453
E.- Adheridos						
Impermeabilizante	M ²	92.88	32	28	0.345	0.301
Forjado de repizón	ML	6.9	16	17	2.319	2.464

Colocación de cerradura	PZA	1.00	8	9	8	9
Cancelería de madrea	M ²	13.78	32	34	2.322	2.467
Ventilador de techo	PZA	2	16	14.5	8	7.25
Riel de protección en vent.	ML	6.8	16	16	2.353	2.353
Soporte para tablones	PZA	2	16	14	8	7

Tabla 4. Resultados de la TUP.

*En estas actividades se encontró un aumento de las horas-hombre considerable, comparando las horas planeadas y las horas que se utilizaron en realidad para realizar la actividad. Mientras que en la actividad marcada con “+” hubo una disminución de horas.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, se tuvieron bajas en la productividad programada de algunas actividades de las partidas de Preliminares, como por ejemplo en limpieza, traza y nivelación con una diferencia de la TUP entre lo planeado y lo real de 0.182, y en Albañilería y Acabados, donde en la actividad de muro de block existe una diferencia de 0.491. Cabe aclarar que los valores mas bajos corresponden a una productividad mas alta como en el caso de acero en cimentación con 0.99 en lo real, a diferencia de los planeado con un valor se 1.130, como resultado de la formula convencional utilizada para su cálculo. Las horas-hombre calculadas corresponden al tiempo acumulado por las cuadrillas de

trabajadores, que básicamente se integraron por un obrero calificado oficial o especialista auxiliado por uno o dos ayudantes no calificados (peones). En algunos casos, como en las cuadrillas de limpia, trazo y nivelación, rellenos y las otras marcadas con “*” se tuvieron que reforzar con un segundo oficial especialista y otro ayudante según las necesidades de la constructora, referente al tiempo de entrega.

Es importante destacar que los índices de productividad dependen de la cantidad ejecutada y el número de horas-hombre empleadas para que se lleve a cabo. Se puede observar que en la actividad de excavación en lo real se obtuvo una TUP de 17.793, en comparación con firme de concreto donde se obtuvo 1.019, lo cual no significa que la segunda fue más productiva, sino que este modelo funciona comparando la TUP de una actividad de la obra con respecto a la misma actividad en otra obra. Los factores por los que las actividades marcadas obtuvieron baja productividad las veremos más adelante.

6.3.2 Aplicación de medición del trabajo o estudio de tiempos

De acuerdo al método de estudio de tiempos, se eligieron para análisis las actividades que forman parte de las partidas que se encuentran en la ruta crítica, tomando como base el tiempo observado en minutos de acuerdo a cifras de

rendimiento recomendadas por la CMIC.²⁵ Es necesario para obtener los tiempos básicos obtener la medición del trabajo el cual se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación	Descripción
0	No hay actividad.
50	Muy lento, torpes movimientos. El trabajador parece medio dormido sin ningún interés en el trabajo.
75	Calmado, intencionado, una actuación pausada, como trabajador no está en paz en el trabajo, pero bajo su propia supervisión, se mira lento, pero el tiempo laboral no es gastado intencional mientras está bajo supervisión.
100 Estimación Estándar	Vigoroso, desempeño en el trabajo en promedio calificado, a gusto en el trabajo, calidad necesaria estándar y exactitud lograda con confianza.
125	Muy rápido, el operador exhibe un alto grado de seguridad, destreza y coordinación de movimientos, más arriba de lo estimado estándar.
150	Excepcionalmente rápido; demuestra esfuerzos intensos y concentración, no hay inactividad por periodos largos, una actuación excelente y poco usual.

Tabla 5. Cuadro de clasificaciones.

²⁵ Antonio Garcia, "Cifras de productividad en la Construcción" Revista Mexicana de la Construcción, (México), 2000, núm. 540.

El tiempo básico es el requerido para llevar a cabo un elemento de trabajo en una medición estándar. Los tiempos básicos son calculados con la fórmula especificada en el capítulo tres (ecuación 1) la cual es la siguiente:

Tiempo básico = Tiempo observado x (Clasificación observada/Clasificación estándar)

La siguiente tabla nos indicará el tiempo básico para cada actividad que es parte de la ruta crítica. Retomando la tabla 5.

Actividades	Unidad	Tiempo observado (min)	Clasif. Observada (%)	Tiempo básico (min)
A.- Preliminares				
Limpia, trazo y nivelación	M2	480	75	360
Excavación	M3	3840	100	3840
Rellenos	M3	1200	75	900
Concreto en cimentación	M3	1440	100	1440
Cimbras	M2	720	100	720
Acero en cimentación	KG	720	125	900
Mampostería	M3	960	75	720
Subtotal		9360		8880

B.- Losa y cadena borde				
Losa de azotea de vigueta	M2	2400	125	3000
Cadena de borde en losa	ML	1440	100	1440
Subtotal		3840		4440
C.-Albañilería y acabados				
Cadena de concreto	ML	720	100	720
Castillo de concreto armado	ML	1920	100	1920
Muro de block hueco	M2	960	75	720
Firme de concreto	M2	1440	100	1440
Piso de cerámica	M2	960	75	720
Piso de concreto	M2	960	100	960
Aplanados en muros	M2	2400	100	2400
Aplanados en plafones	M2	1440	100	1440
Pintura vinílica	M2	1200	100	1200
Limpieza de pisos	M2	720	100	720
Subtotal		12720		12240
E.- Adheridos				
Impermeabilizante	M2	1440	125	1800
Forjado de repizón	ML	960	100	960
Colocación de cerradura	PZA	240	100	240

Cancelería de madera	M2	1920	100	1920
Ventilador de techo	PZA	960	125	1200
Riel de protección en vent.	ML	960	100	960
Soporte para tablones	PZA	960	125	1200
Subtotal		7440		8280
Total en minutos		33360		33840
Total de horas		556		564
Total de días		70		71

Tabla 6. Medición del tiempo básico.

En la tabla anterior se presenta una diferencia mínima entre el tiempo observado y el tiempo básico. Lo cual es debido a que el número de actividades diferente a la clasificación estándar, resultado de cinco actividades con clasificación de los obreros de 75 y cinco actividades con 125, motivo por el cual no varió mucho el tiempo básico del observado. Es importante hacer notar que cuando un trabajador tiene una clasificación de 125, el número de minutos para realizar la actividad aumenta, esto es debido a que se le da un tiempo de holgura para realizarla, ya que por la velocidad con que la efectúa, es necesario aumentar el tiempo para determinar el plazo básico promedio y viceversa.

6.3.2.1. Tolerancia de Relajación.

Con respecto al tiempo básico se puede decir que otorga tolerancias con respecto a la velocidad y efectividad de cada trabajador, sin embargo, no otorga tiempo requerido para la recuperación por fatiga. Por ejemplo, una cuadrilla de excavadores puede trabajar durante 12 minutos sin parar, pero después necesitará descansar por un minuto o algo parecido, para estirar la espalda, flexionar los dedos y luego trabajar.

Para incluir estas necesidades, la tolerancia de relajación es sumada al tiempo básico, esta es expresada usualmente en porcentajes del tiempo básico y son aplicadas según se desee a cada elemento por separado.

La siguiente tabla resume ejemplos de tolerancia de relajación, como un porcentaje de tiempo básico.

Naturaleza	Descripción	Tolerancia expresada como
		porcentaje del tiempo básico
Estándar	Necesidades personales (baño, beber, lavar) además de fatiga básica.	8
Postura	De pie, sentado, en cuclillas o acostado.	2 - 7
Atención	Trabajo fino, trabajo de complejidad mental.	0 - 5
Condiciones	Condiciones inadecuadas de luz.	0 - 5
	Condiciones extremas de ventilación.	0 - 10
	Desde tranquilidad hasta ruido extremo.	0 - 5
	35 grados centígrados y 95% humedad.	0 - 70
Esfuerzo	Levantamiento hasta 5 Kg.	1
	Levantamiento hasta 20 Kg.	1 - 10
	Levantamiento hasta 40 Kg.	10 - 30
	Levantamiento hasta 50 Kg.	30 - 50
Monotonía	Mental	0 - 4
	Tedioso hasta muy tedioso	0 - 5

Tabla 7. Normativa de tolerancia de relajación.

Debido a la poca información que existe con respecto a la evaluación del tiempo de relajación permitido, es extremadamente difícil realizarlo, ya que puede existir variación con respecto al clima, temperatura, humedad, entre otros. Observaremos en la tabla siguiente la diferencia entre el tiempo básico y el tiempo estándar, en donde el segundo es la suma del tiempo básico, el tiempo de tolerancia de relajación total y el cinco por ciento del tiempo básico, debido a que para obras civiles, el porcentaje que se le aumenta conocido como porcentaje de contingencia es del cinco por ciento.

Actividades	Tiempo básico	Tolerancia del tiempo de relajación							5% de contingencia	Tiempo Estándar
		Estándar	Postura	Atención	Condiciones	Esfuerzo	Monotonía	Total de minutos		
A.- Preliminares										
Limpia , trazo y nivelación	360.0	28.8 (8%)	25.2 (7%)	7.2 (2%)	72.0 (2%)	3.6 (1%)	10.8 (3%)	147.6	18.0	525.6
Excavación	3840.0	307.2 (8%)	268.8 (7%)	76.6 (2%)	1536.0 (40%)	38.4 (1%)	115.2 (3%)	2342.2	192.0	6374.2
Rellenos	900.0	72.0 (8%)	63.0 (7%)	18.0 (2%)	90.0 (10%)	9.0 (1%)	18.0 (2%)	270.0	45.0	1215.0
Concreto en cimentación	1440.0	115.2 (8%)	43.2 (3%)	28.8 (3%)	72.0 (5%)	14.4 (1%)	14.4 (1%)	288.0	72.0	1800.0
Cimbras	720.0	57.6 (8%)	14.4 (2%)	14.4 (2%)	21.6 (3%)	7.2 (1%)	14.4 (2%)	129.6	36.0	885.6
Acero en cimentación	900.0	72.0 (8%)	18.0 (2%)	18.0 (2%)	45.0 (5%)	9.0 (1%)	18.0 (2%)	180.0	45.0	1125.0
Mampostería	720.0	57.6 (8%)	21.6 (3%)	14.4 (2%)	36.0 (5%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	150.0	36.0	906.4
Subtotal	8880.0							3507.4	444.0	12831.4
B.- Losa y cadena borde										
Losa de azotea de vigueta	3000.0	240.0 (8%)	120.0 (4%)	60.0 (2%)	150.0 (5%)	150.0 (5%)	30.0 (1%)	750.0	150.0	3900.0
Cadena de borde en losa	1440.0	115.2 (8%)	57.6 (4%)	28.8 (2%)	72.0 (5%)	72.0 (5%)	14.4 (1%)	360.0	72.0	1872.0
Subtotal	4440.0							1110.0	222.0	5772.0
C.- Albañilería y acabados										
Cadena de concreto armado	720.0	57.6 (8%)	43.2 (6%)	14.4 (2%)	28.8 (4%)	21.6 (3%)	7.2 (1%)	172.8	36.0	928.1
Castillo de concreto armado	1920.0	153.6 (8%)	96.0 (5%)	38.4 (2%)	57.6 (3%)	57.6 (2%)	38.4 (2%)	441.6	96.0	2457.6
Muro de block hueco	720.0	57.6 (8%)	43.2 (6%)	21.6 (3%)	72.0 (10%)	7.2 (1%)	21.6 (3%)	223.2	36.0	979.2
Firme de concreto	1440.0	115.2 (8%)	57.6 (4%)	28.8 (2%)	72.0 (5%)	14.4 (1%)	14.4 (1%)	302.4	72.0	1814.4
Piso de cerámica	720.0	57.6 (8%)	21.6 (3%)	14.4 (2%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	21.6 (3%)	129.6	36.0	885.6
Piso de concreto	960.0	76.8 (8%)	28.8 (3%)	28.8 (3%)	9.6 (1%)	28.8 (3%)	9.6 (1%)	182.4	48.0	1190.4
Aplanados en masas	2400.0	192.0 (8%)	72.0 (3%)	96.0 (4%)	72.0 (3%)	24.0 (1%)	48.0 (2%)	504.0	120.0	3024.0
Aplanados en plufones	1440.0	115.2 (8%)	28.8 (2%)	43.2 (3%)	28.8 (2%)	14.4 (1%)	28.8 (2%)	259.2	72.0	1771.2
Pintura vinílica	1200.0	96.0 (8%)	36.0 (3%)	12.0 (1%)	1.2 (0.1%)	12.0 (1%)	24.0 (2%)	181.2	60.0	1441.2
Limpieza de pisos	720.0	57.6 (8%)	14.4 (2%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	100.2	36.0	856.2
Subtotal	12240.0							2496.6	612.0	15348.6
E.- Adheridos										
Impermeabilizante	1800.0	144.0 (8%)	54.0 (3%)	18.0 (1%)	36.0 (2%)	9.0 (0.5%)	36.0 (2%)	297.0	90.0	2187.0
Fofojado de repizan	960.0	76.8 (8%)	19.2 (2%)	19.2 (2%)	28.8 (3%)	9.6 (1%)	9.6 (1%)	163.2	48.0	1171.2
Colocación de cerradura	240.0	19.2 (8%)	7.2 (3%)	2.4 (1%)	4.8 (2%)	2.4 (1%)	7.2 (3%)	43.2	12.0	295.2
Cancelería de madera	1920.0	153.6 (8%)	57.6 (3%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	364.8	96.0	2380.8
Ventilador de techo	1200.0	96.0 (8%)	72.0 (6%)	24.0 (2%)	36.0 (3%)	12.0 (1%)	36.0 (3%)	276.0	60.0	1536.0
Riel de protección en ventanas	960.0	76.8 (8%)	28.8 (3%)	19.2 (2%)	19.2 (2%)	9.6 (1%)	19.2 (2%)	172.8	48.0	1180.8
Sopete para tablonés	1200.0	96.0 (8%)	36.0 (3%)	24.0 (2%)	24.0 (2%)	12.0 (1%)	24.0 (2%)	216.0	60.0	1476.0
Subtotal	8280.0							1533.0	414.0	10227.0
Total en minutos	33840.0									44179.0
Total en horas	564.0									736.1
Total en días	71.0									92.0

Tabla 8. Obención del tiempo estandar.

Los tiempos de relajación de la tabla anterior fueron propuestos con base a la observación y con los resultados obtenidos puede hacerse una gráfica donde se visualiza la diferencia del tiempo básico y estándar de las partidas críticas, A.- Preliminares; B.- Losa y cadena de borde; C.- Albañilería y acabados; y E.- Adheridos; así:

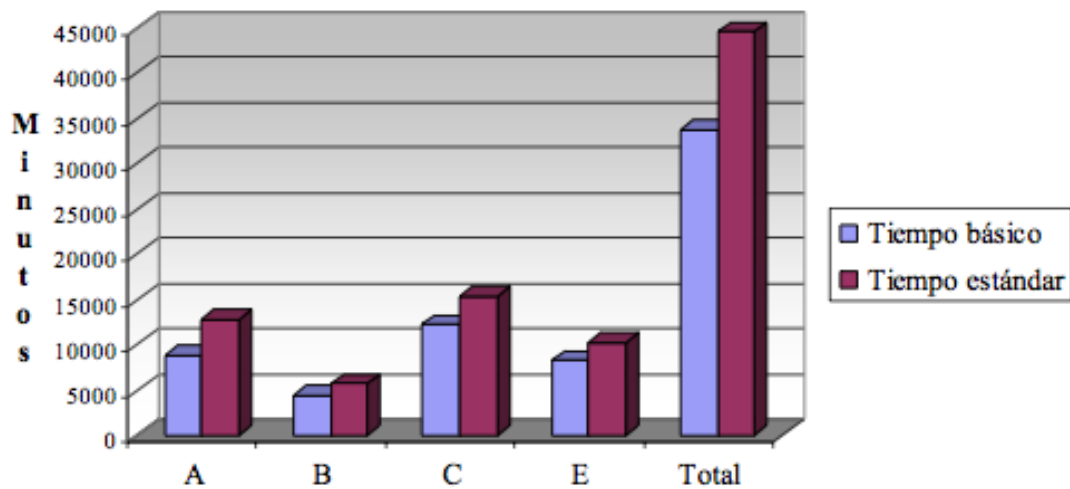


Figura 10. Contraste de tiempos básicos y tiempos estandar

Con los daros obtenidos en la tabla 8 y que se pueden observar mejor en la figura 5, se puede observar que el tiempo estándar es 21 días mayor al tiempo básico. Asimismo, se observa que en la partida A de preliminares es donde existe la mayor diferencia entre ambos tiempos con 8.2 días de diferencia, lo cual es

ocasionado porque las actividades de la partida mencionada son al aire libre con excesivo calor, exceso de humedad y a diferencia de las demás, bajo el sol sin lugar donde refugiarse y donde los obreros requieren de un gran esfuerzo para realizar las tareas. En contraste, la actividad B es la que presenta menor diferencia debido a que se encuentra compuesta por dos tareas.

Los datos obtenidos por este método pueden ser archivados para uso futuro como referencia, de manera que se forme una base de datos de tiempos estándar y dicha información podrá ser utilizada en la estimación de costos, planeación de recursos y para determinar un sistema eficiente de incentivos.

6.3.3. Aplicación del estudio de métodos.

En este apartado se registra una de las actividades de partidas que se encuentran en la ruta crítica y que tuvo problemas denominada muro de block, utilizando una serie de símbolos de la ASME (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos, por sus siglas en inglés)²⁶, los cuales se presentan a continuación:

²⁶ Sarah Case et al, Administración de la Construcción, Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1999, p. 43








Símbolo	Actividad
	Operación
	Inspección
	Transportación
	Almacenaje
	Retraso
	Decisión
	Operación/Inspección

Tabla 9. Símbolos ASME.

Estos símbolos se utilizan para mostrar la secuencia de los trabajos en estudio y facilita la visualización de los procesos que se están estudiando, analizando el tiempo empleado en la ejecución de cada actividad, tal como se ilustra en las tablas siguientes:

Actividad	Símbolo	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
Espera de materiales	Ⓧ	63		No llegaba el pedido
Llegar tarde a la obra	Ⓧ	47		Faltaban obreros por llegar
Recepción de materiales	Ⓧ	20		
Acarreo de materiales	➡	18	30	Block, mortero
Verificación del plano	■	15		Tiempo total del proceso
Preparación de mortero	●	25		Cerca de donde se encuentran los materiales
Revisión mezcla de mortero	■	6		
Retraso por revisión	Ⓧ	6		
Acarreo de mortero	➡	3	30	
Bebidas	Ⓧ	10		
Colocación de andamios	●	18		
Visita al sanitario	Ⓧ	7		
Colocación de bloques	●	90		
Bebidas	Ⓧ	6		
Acarreo de bloques	➡	13	30	Se acabaron los acarreados
Nivelación de muro	■	6		
Retraso por revisión	Ⓧ	6		
Aceptar muro	■	5		
Desmantelamiento de andamios	●	21		
Limpieza de herramientas	●	9		
Pausa para comida	Ⓧ	30		
Regreso al área de trabajo	Ⓧ	7	40	
Preparación de mortero	●	36		Cerca de donde se encuentran los materiales
Revisión mezcla de mortero	■	6		
Retraso por revisión	Ⓧ	6		
Acarreo de mortero	➡	3		
Colocación de andamios	●	21		
Colocación de bloques	●	115		
Bebidas	Ⓧ	8		
Acarreo de bloques	➡	23	33	Se acabaron los acarreados
Desmantelamiento de andamios	●	25		
Nivelación de muro	■	6		

Retraso por revisión	⬢	6		
Aceptar muro	■	7		
Traslado de material que sobró	⇒	12	33	
Limpieza de herramientas	●	10		
Total		697	196	

Tabla 10. Mapa de flujo de las actividades para construir muros de block

En la actividad de muro de block, la cuadrilla original fue conformada por un oficial de albañilería más un peón, pero como se tenían retrasos desde el inicio, y al comienzo de la actividad, se necesitó el apoyo de otro oficial de albañilería.

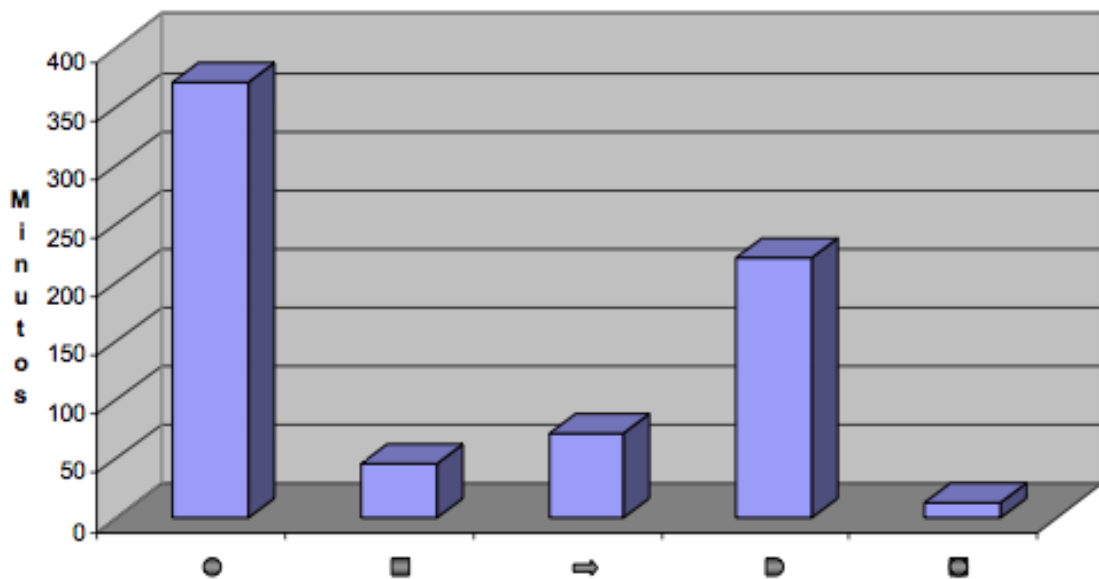


Figura 11. Tiempo de las actividades de mano de obra en la construcción de muro de block.

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Porcentaje (%)	Distancia
Operación	●	10	370	51.38	
Inspección	■	5	45	6.24	
Transportación	⇒	6	72	9.98	196
Retraso	⦿	13	222	30.77	
Operación/Inspección	■	2	12	1.63	
Total		34	721	100.00	196

Tabla 11. Resumen de actividades de mano de obra en la construcción de muros de block.

Con los resultados expuestos en la figura 10 y la tabla 11 se puede formular el siguiente análisis:

- El tiempo actual de trabajo es:
 - * Tiempo total:721 minutos.
 - * Retrasos 222 minutos.
 - * Tiempo actual 499 minutos
- Del tiempo actual de trabajo, 370 equivalente al 74.15% fue de trabajo directo.
- Del tiempo actual de trabajo, 72 minutos equivalente al 14.43% fue de viajes.

- Por lo que se puede decir que en su mayoría se realizaron viajes necesarios.
- Retrasos que excluyen tiempos de comida y bebida:
 - * Tiempo de comidas y bebidas 54 minutos
 - * Total de Retrasos **168 minutos = 23.30%** del tiempo **total**

Debido a lo anterior, se observa que la cantidad de minutos de retraso obtenida no fue tan alta, estos retrasos sucedieron al inicio de la actividad por falta de materiales, en adición con los atrasos ocurridos en la actividad misma. Asimismo, se propone emplear el estudio de métodos para el resto de las actividades que presentaron problemas y que se indicaron previamente con un “*” en la tabla 4 como por ejemplo piso de cerámica, mampostería, entre otras.

6.4. Factores asociados al comportamiento de la productividad.

Se denomina factor asociado a la causa que origina un problema como por ejemplo mal tiempo, ausencia de personal, etc. En este apartado se mencionarán los factores asociados a un TUP alto con respecto a lo planeado. Lo que significa una baja productividad como ya se explicó anteriormente. En general, puede

decirse que los trabajos se ejecutaron conforme a lo programado, excepto en la partida A de preliminares, donde la obra inició con dos días de retraso debido al mal tiempo y el suministro a destiempo del material de banco para relleno. En total se perdieron 3 días de trabajo. Asimismo, se observó un rendimiento bajo en la cuadrilla de mampostería, dentro del modelo de los factores, por lo que hubo necesidad de reforzarla con un obrero adicional.

La otra partida que tuvo problemas, fue la de Albañilería y acabados, donde las actividades de muro de block y piso de cerámica tuvieron retrasos, ambas por problemas de suministro oportuno de los materiales, lo que significaron otros dos días de pérdida. Para recuperar el tiempo perdido y terminar el proyecto conforme a lo programado, fue necesario intensificar la mano de obra, lo cual significó un incremento en el costo directo y una disminución de la productividad global ya que las horas-hombre de trabajo empleadas se incrementaron.

De acuerdo a lo anterior, la empresa tuvo necesidad de hacer un ajuste en los recursos programados como se muestra en el cuadro siguiente donde se comparan los costos normales con los costo ajustados, observando un incremento que aunque puede considerarse bajo, no lo es dado el tamaño de la obra y de la constructora misma.

Descripción	Duración	Costo Normal	Costo ajustado
Preliminares*	18	\$ 25,257.52	\$ 28,523.77
Losas de cadena de borde	10	\$ 30,960.02	\$ 30,962.52
Albañilería y Acabados*	30	\$ 50,391.97	\$ 52,527.80
Instalaciones	8	\$ 4,875.00	\$ 4,870.00
Adheridos	17	\$ 25,412.46	\$ 25,403.96
Cimentación de obra exterior	5	\$ 3,267.00	\$ 3,277.00
Albañilería obra exterior	10	\$ 8,960.36	\$ 8,967.54
Instalaciones obra exterior	5	\$12,435.00	\$ 12,445.00
Adheridos obra exterior	2	\$ 3,005.00	\$ 3,095.00
Total		\$ 164,564.33	\$ 170,072.59

Tabla 12. Costos directos ajustados.

*Actividades donde hubo mayor variación del presupuesto inicial.

6.5. Medición de la calidad.

Con los resultados obtenidos en los métodos para medir la productividad, enfocados a la actividad de muro de block, se aplica el método TPQM, donde se detectan los problemas de una baja productividad y se mejoran los tiempos de retraso.

6.5.1. Aplicación de gerencia total de la calidad y productividad (TPQM).

En este apartado se lleva a la práctica lo propuesto en el capítulo dos, siguiendo los pasos para detectar las causas de una baja productividad, que al corregir se mejora la calidad de los procesos.

6.5.1.1 Paso 1.- Identificación del defecto o problema:

Para empezar con el proceso de mejora de la actividad de muro de block, es necesario identificar las causas que están provocando problemas en el desarrollo de la misma. Haciendo un análisis de los datos obtenidos en el estudio de métodos, se observó que la actividad empezó con retrasos por mal tiempo y falta de materiales, lo que ocasionó un desplazamiento de las actividades. Asimismo, se obtuvo que los trabajadores perdieron tiempo en visitas al sanitario, en momentos para beber agua, retrasos por revisión, por ir a comer y por regresar al área de trabajo después de comer. Adicionalmente, como se especifica en el estudio de plazos, debido a las condiciones climatológicas, temperatura y humedad, los tiempos estándares tienen un incremento considerable en comparación con el tiempo básico, esto demuestra que los obreros no trabajan a un rendimiento óptimo y necesitan diferentes momentos dentro de la actividad para tomar agua.

6.5.1.2 Paso 2.- Diseño de acciones correctivas del grupo:

En las actividades donde se registran retrasos, es conveniente definir quién está a cargo y si está cumpliendo bien con su deber como se especifica a continuación:

1. Espera de materiales: Actividad a cargo del supervisor de la obra. El supervisor debe pedir con tiempo los materiales para que la obra no se frene.
2. Recepción de materiales: Supervisor y proveedor. Es necesario buena comunicación entre ambos para desarrollar la actividad con mayor velocidad y depositar los materiales lo más cercano al lugar de uso, sin estorbar en la obra.
3. Revisiones en general: Supervisor de la obra. Una acción correctiva, sería que el supervisor estuviera presente a la hora de ejecutar trabajos que requieren supervisión, logrando con esto el ahorro de tiempo al no supervisar una vez concluidos los trabajos.

6.5.1.3. Paso 3.- Colección y análisis de la información:

Como se observa en la tabla 10, las principales causas de retraso, son:

1. Mal tiempo.
2. Falta de materiales.
3. Llegar tarde a la obra.

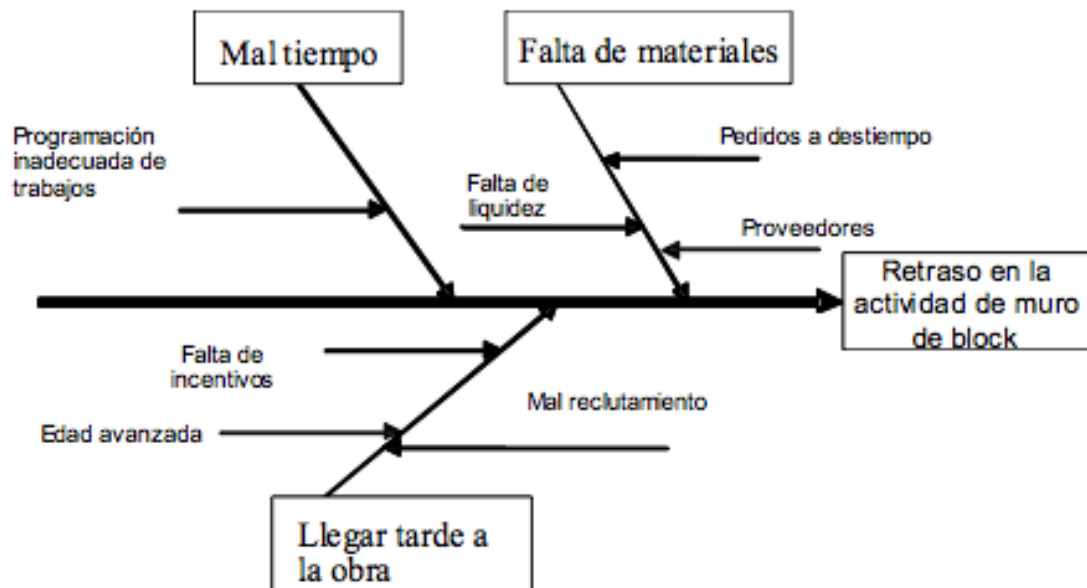


Figura 12. Diagrama de causa y efecto para la actividad de muro de block

Como se distingue en la figura anterior, se especifican algunas causas como programación inadecuada de trabajos, pedidos a destiempo, que pueden ser

motivos por los cuales se registraron retrasos en el desarrollo de la actividad, que son responsabilidad de la empresa encargada y el supervisor. Todo esto, como herramienta para detectar errores, posibles causas y encontrar soluciones a los problemas. Como veremos en el siguiente apartado.

6.5.1.4. Paso 4.- Círculos de calidad con lluvia de ideas (*brainstorming*) para el mejoramiento:

Los círculos de calidad le permiten a la empresa solucionar problemas a nivel corporativo y mejorar la productividad con reuniones periódicas. Con el diagrama de causa y efecto anterior, observando los problemas y posibles causas, es necesario llevar a cabo una reunión donde los gerentes de la empresa platiquen con el representante de la obra que estuvo directamente relacionado con el problema, como puede ser el supervisor y con cada uno de los representantes de cada área de la organización. Todo esto, con el fin de encontrar soluciones a los problemas y mejorar los métodos en la realización de la actividad en cuestión. Para ello es necesario desarrollar una tabla, que servirá en la obtención de los datos necesarios para realizar una gráfica de Pareto, donde se muestra gráficamente la importancia que tiene cada uno de los asuntos o problemas sujetos a estudio, como se ve a continuación:

Actividad	Minutos	%	%
			Acumulado
Espera de materiales	63	28.38	28.38
Llegar tarde a la obra	47	21.17	49.55
Recepción de materiales	20	9.01	58.56
Retraso por revisión	24	10.81	69.37
Bebidas	24	10.81	80.18
Visita al sanitario	7	3.15	83.32
Pausa para comida	30	13.51	96.83
Regreso al área de trabado	7	3.16	99.99
Total	222	100.00	566.18

Tabla 13. Tabla de Pareto antes de implementación de cambios.

En la tabla de Pareto se incluye todas las actividades que habían retrasado la obra, con el fin de tener una mejor visión de los problemas que más influyen en el retraso de la actividad.

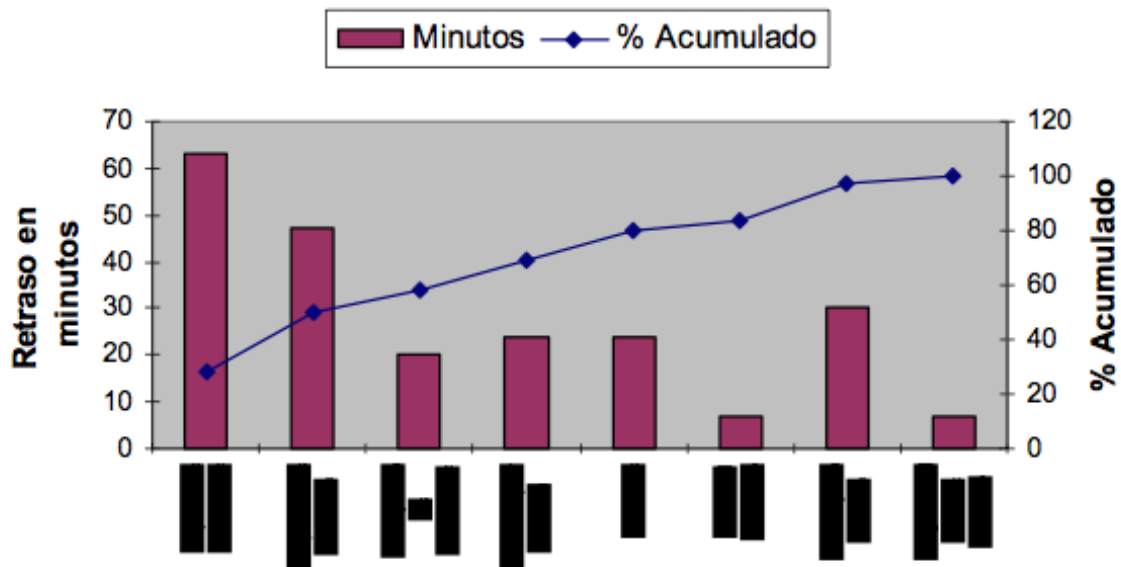


Figura 13. Gráfica de Pareto antes de implementación de cambios.

Este diagrama constituye una herramienta muy eficaz para la administración de la calidad, ya que permite orientar la planeación, control y mejora de la misma, sobre los aspectos que por su relevancia pueden influir sobre la calidad de los procesos y/o productos que genera la empresa.

Con los datos obtenidos se propone lo siguiente:

1. Espera de materiales: planear materiales a tiempo.
2. Llegar tarde a la obra: con los datos sobre productividad, organizar planes de incentivos y motivar al personal a llegar a tiempo o facilitar medios de transporte.
3. Retraso por revisión: Planeación a corto plazo.
4. Visita al sanitario: proponer la renta de una letrina móvil cercana a la obra.

6.5.1.5. Paso 5.- Implementación de los cambios:

Actividad	Implementación	¿Quién implementa?
Espera de materiales	Planeación de los requerimientos de materiales o Justo a tiempo.	Gerente del proyecto
Llegar tarde a la obra	Planes de incentivos o facilitar medios de transporte.	Gerente de construcción
Retraso por revisión	Planeación a corto plazo.	Supervisor de obra
Visita al sanitario	Renta de letrina móvil	Gerente de construcción

Tabla 14. Cambios y personas encargadas.

Una vez delegadas las actividades a la personas que le corresponde y a su vez han sido implementadas en la obra, es necesario realizar la tabla y gráfica de Pareto para verificar los resultados obtenidos con los que se tenían antes de la implementación, para ver si funciona el cambio y observar dónde hace falta hacer mejoras, como se verá en el plazo anterior.

6.5.1.6. Paso 6.- Control de la implementación:

Actividad	Minutos	%	% Acumulado
Espera de materiales	40	30.08	30.08
Llegar tarde a la obra	12	9.02	39.10
Recepción de materiales	10	7.52	46.62
Retraso por revisión	6	4.51	51.13
Bebidas	24	18.05	69.18
Visita al sanitario	4	3.01	72.19
Pausa para comida	30	22.56	94.75
Regreso al área de trabado	7	5.25	100.00
Total	133	100.00	503.05

Tabla 15. Tabla de Pareto después de implementación de cambios.

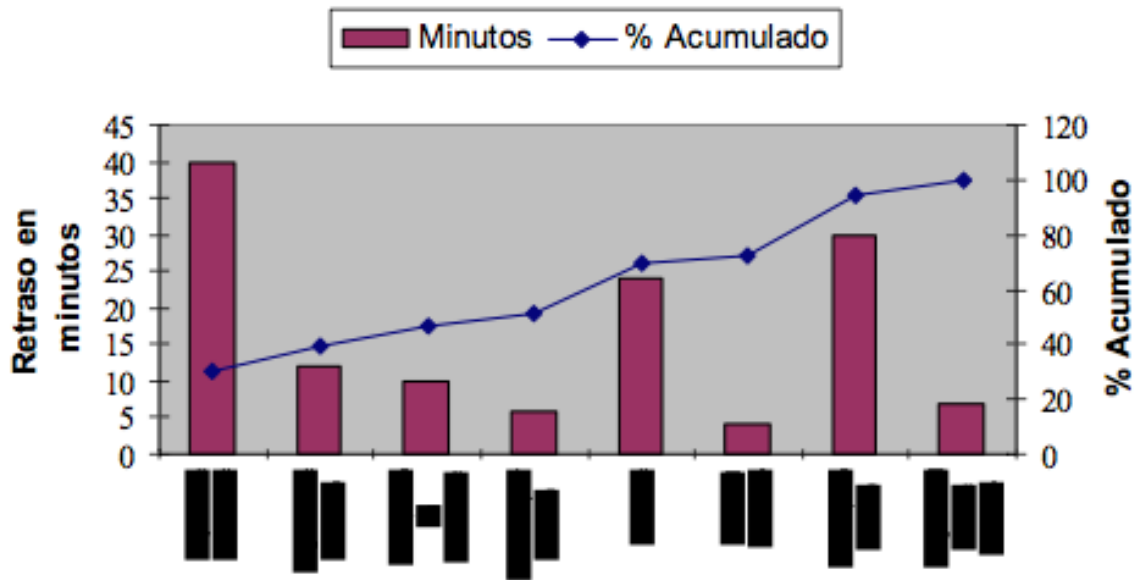


Figura 14. Gráfica de Pareto después de implementación de cambios.

Ahora bien, con los datos obtenidos después de la implementación de las mejoras mencionadas con anterioridad, se observa que el número de minutos de retraso han disminuido considerablemente, asimismo, es necesario aclarar que es poco lo que se puede hacer con los retrasos que existen, ya que son necesidades biológicas que los trabajadores necesitan cumplir. Por otro lado, los minutos de retraso por causa del personal que llega tarde a la obra, se han reducido de 47 minutos a la cantidad de 12 minutos, los cuales no afectan mucho el proceso de la obra ya que son relativamente pocos y no la retrasan mucho.

6.5.1.7. Paso 7.- Mejora continua.

Si sucede que al hacer de nuevo Pareto se descubren otras formas de mejorar la calidad y en este caso de muro de block, la productividad. Es necesario realizar de nuevo los pasos mencionados, hasta estar satisfechos con el trabajo realizado, como se ilustra a continuación:

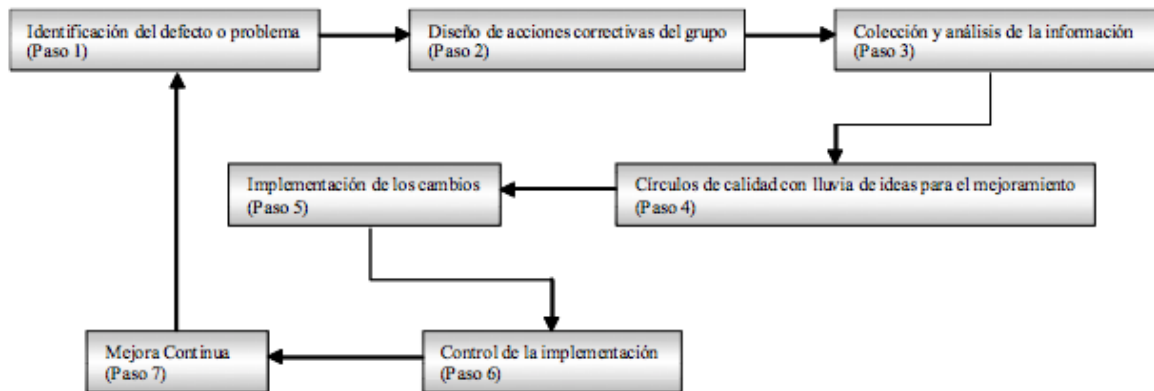


Figura 15. Mejora continua.

Es necesario implementar este paso para mantener una mejora continua de las actividades que más causan problemas en la obra. En este caso, sería conveniente evaluar por medio de este método, las partidas marcadas con “*” en el método de los factores como limpia, trazo y nivelación, relleno, mampostería, entre otras.

CAPÍTULO VII: Conclusiones

El presente trabajo se realizó con el fin de hacer conciencia sobre la importancia de la calidad en nuestros días, ya que este tema no es únicamente de ingeniería, sino también es un tema de especialización para nosotros, ya que si conocemos todos los procesos y corrientes de la calidad, podemos determinar si los procesos están bien aplicados o no en la práctica de nuestra profesión.

La calidad es la base de la productividad, y ésta es el auténtico motor del desarrollo económico, algo que está por encima del mero crecimiento económico.

Con los resultados presentados en el capítulo anterior, se contribuye al conocimiento de la productividad principalmente en trabajos de albañilería, la cual podrá servir para situar el desempeño de las empresas constructoras y el rendimiento de los trabajadores empleados en la obra. Asimismo, se comprobó que el uso oportuno de las herramientas de calidad, dentro del método para evaluarla, permitieron identificar las prácticas que ocasionan problemas durante la

ejecución de la obra, con lo cual es posible encontrar mejores soluciones que ayudan a no incurrir en un costo. Aunque las mediciones en diferentes obras de construcción en otras latitudes sean realizadas bajo distintas condiciones, la comparación con otras empresas puede llevarse a cabo gracias a los métodos empleados, que parte de una evaluación unificada del contenido de trabajo y grado de complejidad de los proyectos.

Haciendo un análisis de tales resultados pueden hacerse las siguientes conclusiones:

- Para el proceso de análisis empleado se usaron técnicas que permitieron evaluar cada aspecto del trabajo humano aplicado y los factores que afectaron los índices de productividad, con el objetivo de obtener beneficios administrativos para mejorar y alcanzar una buena organización y control sobre el sistema de construcción.
- Los métodos de evaluación de la productividad y calidad utilizados en este trabajo se encuentran estrechamente relacionados entre sí y pueden emplearse simultáneamente para obtener un conocimiento más preciso de lo que ocurre en la obra y estar constantemente en mejora continua.
- Con la *Medición de Trabajo o estudio de tiempos*, se encuentra el tiempo estándar que invierte un trabajador calificado en realizar una o varias actividades, incluyendo el tiempo de relajación y el de contingencia. En

base a los resultados obtenidos, se pueden implementar planes de incentivos. Por otra parte, al momento de planear los plazos en futuras obras, se puede acercar el tiempo estimado al tiempo real que ocupa un obrero en realizar alguna actividad.

- En lo que respecta al *Estudio de Métodos*, se realizó un procedimiento de trabajo y con los resultados obtenidos, se hizo una evaluación de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras y determinar que actividades no contribuyen al mejoramiento de la productividad.
- La metodología anterior, junto con el *Modelo de los Factores*, permitió observar que las causas asociadas a los días anormales identificados con mayor frecuencia, fueron aquellos relacionados con la administración, principalmente con la disponibilidad de materiales. En segundo lugar, se tuvo la influencia del clima que no permitió el inicio de los trabajos en la obra durante dos días. En conjunto, la influencia de estos factores significó un atraso del 7%.
- Como se dijo en el caso de estudio, para recuperar el tiempo perdido en algunas actividades y concluir de acuerdo a lo programado, fue necesario intensificar la mano de obra, aumentando el número de cuadrillas, lo cual significó un incremento en el costo directo de \$ 5,508.26, equivalente al 3.4% de lo programado originalmente; el cual va directamente a la utilidad.
- Las actividades de habilitado y colocación de acero de refuerzo en cimentación, por el contrario, experimentaron una ligera alza en la

productividad del 0.099 de acuerdo al TUP real, por efecto del grado de especialización que mostraron los obreros.

- Por otra parte, con la utilización del método de evaluación de la calidad (*TPQM*), se conocieron los motivos por los que la obra tuvo retrasos y baja productividad. Evaluándolos y resolviéndolos mediante herramientas de calidad, como diagrama causa y efecto y gráfica de Pareto; observando que la cuadrilla de muro de block sufrió demoras por falta de materiales al inicio de la actividad, llegada tarde de los obreros y demasiado tiempo perdido en revisiones, entre los más significativos.
- La TUP de construcción de muro de block en el caso estudiado fue de 1.37 hrs/m², en contraste a lo hallado por Jiménez en 2001 (0.88hrs/m²), y Gonzáles y Acurdia en 1997 (0.53 hrs/m² aproximadamente), bajo condiciones similares en la zona, lo que significó una productividad baja en la obra evaluada. No obstante, es muy similar a lo reportado por Thomas en los Estados Unidos (1999), que fue de 1.35 hrs/m². Esta similitud, en un país con mayor desarrollo y nivel de organización que el nuestro, quizá pueda tener explicación en dos particularidades de nuestra región aún por demostrar:
 1. El sacrificio de la calidad del producto en aras de aumentar la velocidad de fabricación.
 2. El empleo de un sistema de pago por unidad de trabajo terminado que en teoría propicia un mayor rendimiento.

- En relación al punto anterior, se descubrió que al no tener metas ni incentivos, el obrero promedio solamente pretende producir lo necesario para asegurar su remuneración semanal.

Con lo anterior se tendrá una visión más amplia sobre la realidad de la productividad y podrán encontrarse nuevas prácticas de administración que permitan un mejor control sobre los factores que afectan el desempeño del personal y los caminos que lleven a una mejora continua de la calidad en los productos y procesos sin que ello signifique un aumento en los costos de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Iliana, la Calidad Total aplicada a una empresa de servicio. Monografía, Instituto Tecnológico de Mérida, 1999.

ALLMON Eric, "U. S. Construction Labor Productivity Trends, 1970-1998", *Journal of Construction Engineering and Management*, (Va), 126: 2000, núm. 2, pp. 97-104.

ALVEAR, Celina, Calidad Total aseguramiento y mejora continua, Limusa, México, 1999.

EROSSA, Victoria, *Proyectos de inversión en ingeniería, su metodología*, edit. Limusa, 1993, p. 227.

EWE Chye Lim, *Influence of management and labor of construction productivity in Singapore*, Building research and information, (Singapur), 21: 1993, núm. 5, pp. 296-303, 2000, <http://www.dialogweb.com>.

GARCIA, Antonio, "Cifras de productividad en la Construcción" *Revista Mexicana de la Construcción*, (México), 2000, núm. 540.

GONZÁLEZ Encarnación, *Cultura empresarial para el siglo XXI*, Benchmarking, Universidad de Vigo. 1996.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto, *Calidad Total y Productividad*, 2da edición, México, edit. Mc Graw Hill, p.9

HARRIS, F. y Mc Affer R., *Construction Management (Manual de gestión de proyecto y dirección de obra)*, Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1999.

HERNANDEZ SAMPIERI, C. Roberto et.al., *Metodología de la Investigación*, México, Mc Graw-Hill, 1991, p.71-72.

HERNÁNDEZ Y RODRIGUEZ, Sergio, Pulido Martínez, *Alejandro, Fundamentos de gestión empresarial*, México, edit. Mc Graw Hill.

HOROWITZ Jaques, *La calidad del servicio*, Mc Graw Hill, México, 1992, pag. 9-14.

KIT, Sadgrove, *Como hacer que funcione la calidad total*, Panorama Editorial., México, 1997.

KOONTZ y Wehrich, *Administración una perspectiva global*, Mc Graw Hill, México, 1998.

LA MICROEMPRESA ES NUESTRO MEJOR RECURSO. Se puede encontrar en <http://millones.blog.terra.com.pe/2009/05/>

MENDELSON Roy, Teamwork-the key to productivity, *Journal of management in engineering*, Nueva York, 1998, p. 22-25

MOHAMMAD, Khan, "Methods of motivating for increased productivity", *Journal of construction engineering and management*, (Nueva York), 9: 1993, núm. 2, pp. 148-156.

NIEBEL, B. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Alfaomega, México, 2001.

PAPALLA Diane E. y Wendkos Sally, *Desarrollo Humano*, Mc. Graw Hill, México, 1992, 692 pp.

ROMERO, Arturo Luis, Miranda Sandor, Luis, "La calidad, su evolución histórica y algunos conceptos y términos asociados", Gestipolis, 2006.

THOMAS, H. Randolph Thomas y Raynar, Karl A., "Scheduled Overtime and Labor Productivity: Quantitative Analysis", *Journal of Construction Engineering and Management*, (Nueva York), 123: 1997, núm. 2 pp.181-188.



Villa Rica

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE
VERACRUZ
VILLARICA

CALIDAD TOTAL Y
PRODUCTIVIDAD EN
LAS EMPRESAS
CONSTRUCTORAS

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

ASESOR:
ING. JUAN SISQUELLA
MORANTE

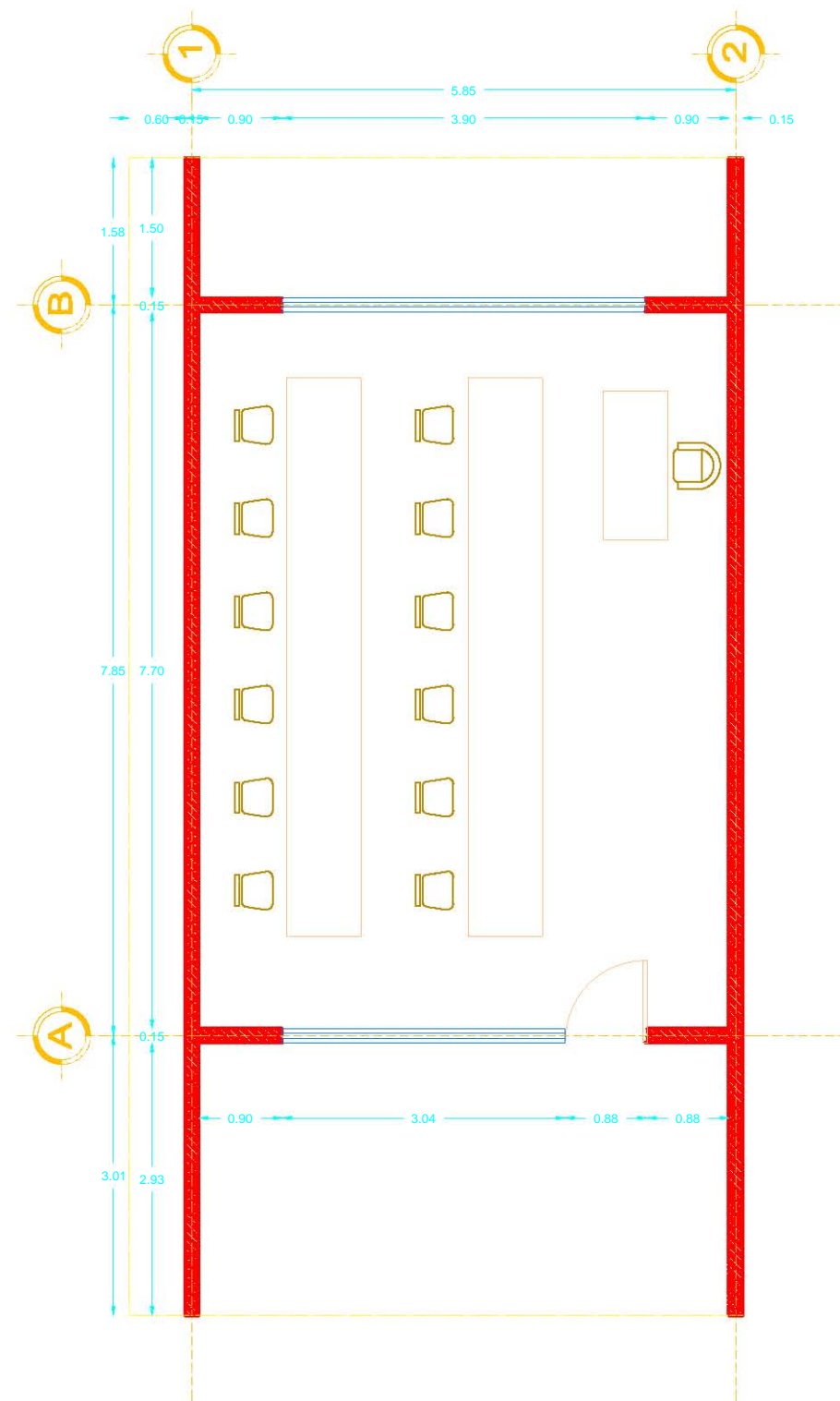
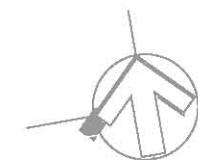
ALUMNO:
KARLA CAMPA SILVA

PLANTA
ARQUITECTÓNICA

ESC: 1:75 ACOT: METROS

CLAVE:

A-1



Planta arquitectónica



Villa Rica

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE
VERACRUZ
VILLARICA

CALIDAD TOTAL Y
PRODUCTIVIDAD EN
LAS EMPRESAS
CONSTRUCTORAS

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

ASESOR:
ING. JUAN SISQUELLA
MORANTE

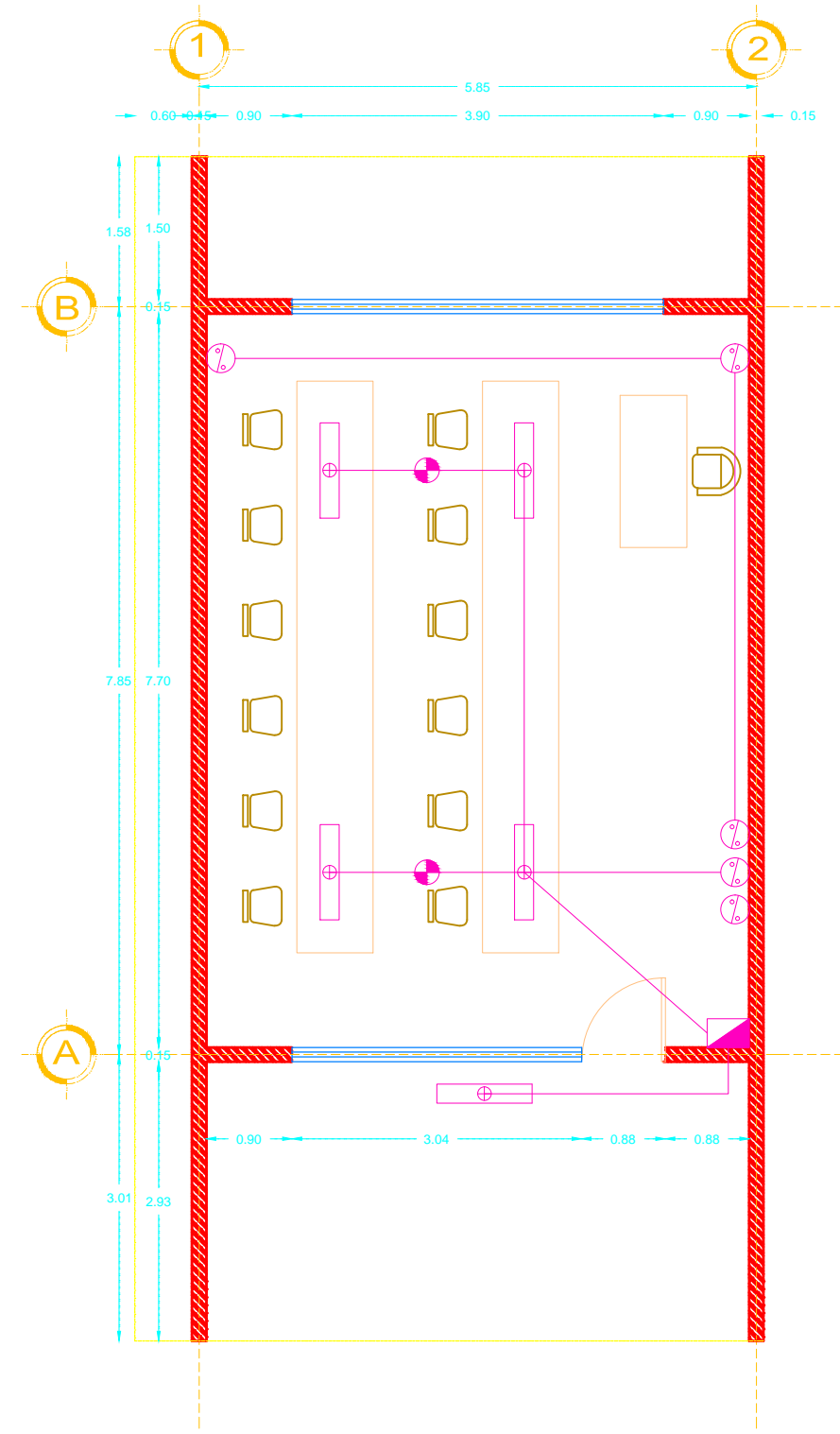
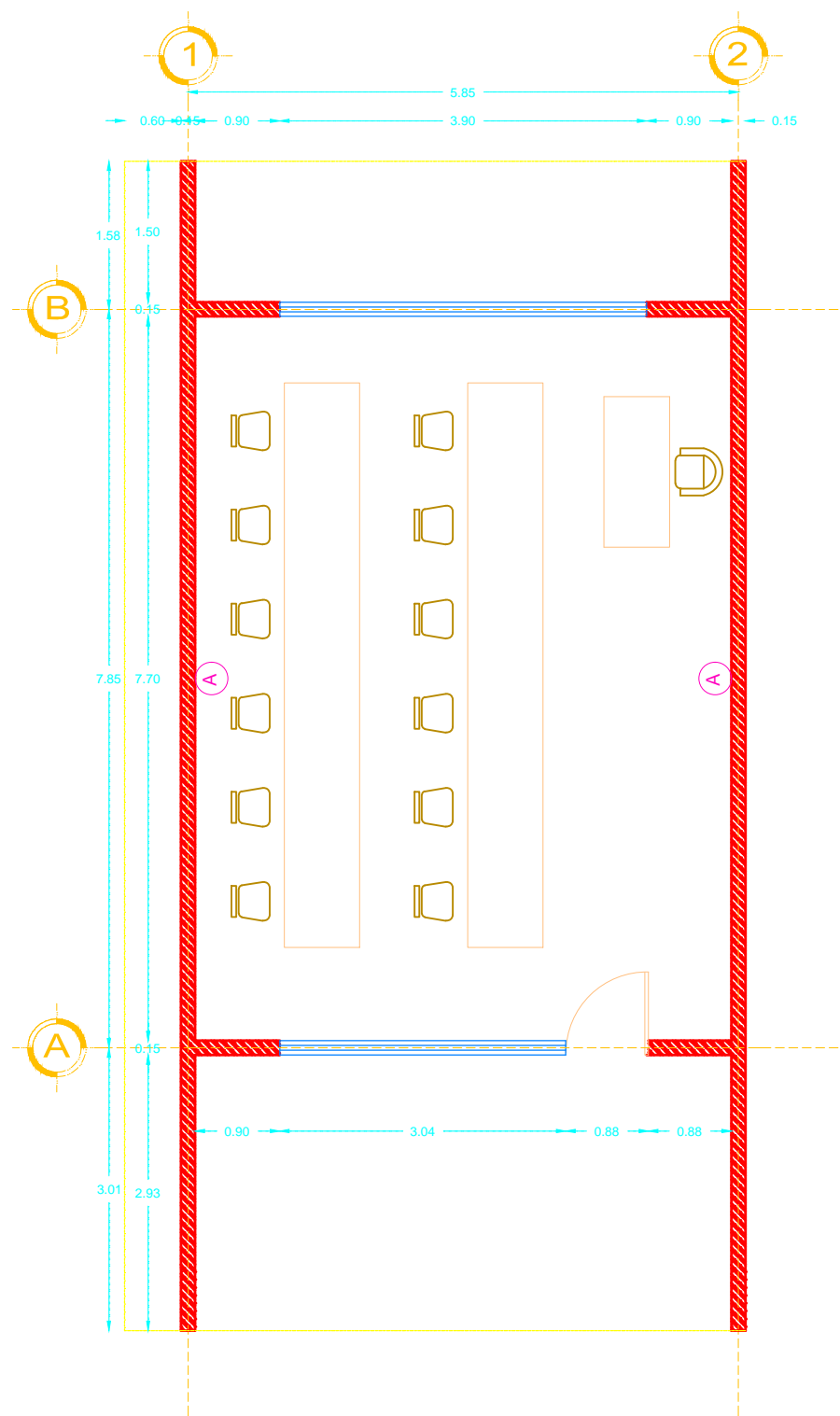
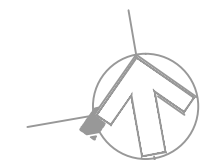
ALUMNO:
KARLA CAMPA SILVA

INSTALACIÓN
ELÉCTRICA

ESC: 1:75 ACOT: METROS

CLAVE:

E-1



ΣΥΜΒΟΛΟΛΟΓΟΣ	
	Interruptor VAI ({ { } })
	Luminaria Fluorescente de sobreponer
	Salida de Alumbrado
	Centro de Carga
	Contacto



Villa Rica

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE
VERACRUZ
VILLARICA

CALIDAD TOTAL Y
PRODUCTIVIDAD EN
LAS EMPRESAS
CONSTRUCTORAS

FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

ASESOR:
ING. JUAN SISQUELLA
MORANTE

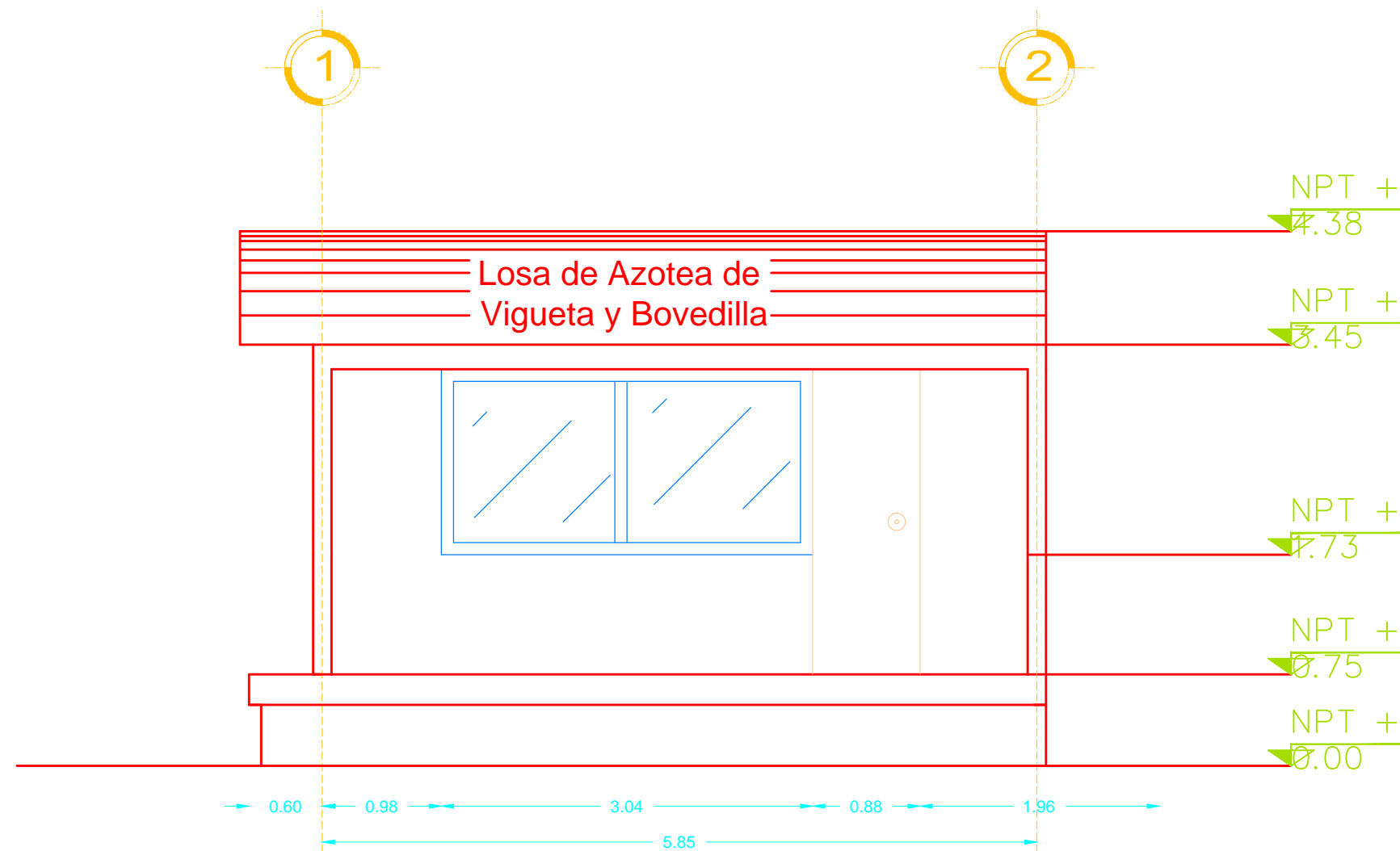
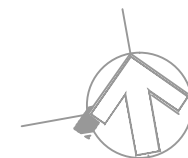
ALUMNO:
KARLA CAMPA SILVA

FACHADA PRINCIPAL

ESC: 1:50 ACOT: METROS

CLAVE:

A-2



Fachada Principal

Presupuesto de Construcción

Obra : Construcción de edificio B, aula didáctica adosada en la Escuela Primaria Niño Mexicano.

Localización: Cancun, Quintana Roo.

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
1	Preliminares				
	Limpieza, trazo y nivelacion del terreno. Incluye despalle hasta 25CM máximo y retiro de material no utilizable fuera de la obra	M2	\$ 18.23	93.12	\$ 1,697.58
	Excavación de terreno tipo "B", cualquier profundidad. Incluye: afine de talud, acarreo dentro y fuera de la obra de material no utilizable.	M3	\$ 276.71	14.5	\$ 4,012.30
	Relleno y compactacion de material producto se excavación con compactador mecanico (bailarina) y agua, en capas de 15CM, de espesor. Incluye: acarreo dentro de la obra, medir compacto	M3	\$ 70.43	14.5	\$ 1,021.24
	Relleno y compactación de material inerte compactador mecánico (bailarina o rodillo) y agua, en capas de 15 CM de espesor. Incluye: acarreo dentro de la obra, medir compacto.	M3	\$ 264.90	51.36	\$ 13,605.26
	Concreto F'C=250 KG/CM2 en cimentación. Incluye: mano de obra, pruebas de laboratorio y todo lo necesario para su correcta ejecución	M3	\$ 2,291.30	2.97	\$ 6,805.16
	Cimbra para cimentacion con madera de pino de tercera, acabado comun. Incluye: cimbrado y descimbrado	M2	\$ 110.70	26.42	\$ 2,924.69

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
	Acero de refuerzo en cimentación con alambres #2, FY=2530 KG/CM2. Incluye: suministro, habilitado, armado, traslapes, silletas, canchos y desperdicios	KG	\$ 10.89	47.9	\$ 521.63
	Acero de refuerzo #3 FY=4200 KG/CM2. Incluye: suministro, habilitado, armado, traslapes, silletas, ganchos y desperdicios.	KG	\$ 10.89	73.5	\$ 800.42
	Mampostería de piedra de la región asentada con mortero CEM-CAL-ARENA 1:2:6	M3	\$ 749.08	12.53	\$ 9,385.97
	Preparación para recibir adobe en estructura. Incluye: apuntalamiento de la losa, dem. De volado con cortadora, pintura, resanes, reposición del impermeabilizante	PZA	\$ 2,791.08	1	\$ 2,791.08
2	Estructura				
	Losa de azotea de viga doble y bovedilla de 19CM espesor con viga T12-5. Concreto F'C=250 KG/CM2 malla electrosoldada de 66-1010- Incluye: cadenas, afine de losa para recibir impermeabilizante y bastones según proyecto.	M2	\$ 588.35	88.84	\$ 52,269.01
	Cadena de borde de losa de Vig. Y bovedilla tipo CD "B" concreto F'C=250 KG/CM2 de 15X19, armada con 4 var#3 y estribos #2 @20 CMS. Incluye: cimbra aparente.	ML	\$ 193.81	26.96	\$ 5,225.12
3	Albañilería y Acabados				
	Cadena de concreto de F'C=250 KG/CM2 de 14X10 CM sin armar. Incluye: cimbra aparente.	ML	\$ 76.17	24.2	\$ 1,843.31

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
	Cadena o castillo de concreto de F'C=250 KG/CM2 de 15X15 CM. Armada con 4 var#3 y est #2 @15CM. Incluye: cimbra comun y cruce de varillas	ML	\$ 135.11	86.02	\$ 11,622.16
	Muro de block hueco de cemento 15X20X40CM asentado con mortero CEM-Arena 1:3 acabado comun.	M2	\$ 167.50	36.63	\$ 6,135.53
	Firme de concreto de F'C=150 KG/CM2 de 8 CM de esp. Incluye: nivelación y compactación	M2	\$ 167.15	47.1	\$ 7,872.77
	Colocación de vitropiso de 33X33 CM, asentada con mortero CEM-ARENA 1% junteado con CEM blanco	M2	\$ 253.85	47.1	\$ 11,956.34
	Piso de concreto de F'C=150 KG/CM2 de a0 CM de espesor, acabado pulido o raya	M2	\$ 195.02	24.6	\$ 4,797.49
	Aplanados en muros con mortero CEM-CAL-ARENA 1:2:6, a plomo y regla acabado con llana de madera, incluye: remates con volteador, emboquillado a tres capas.	M2	\$ 81.77	94.57	\$ 7,732.99
	Aplanado en plafones con mortero CEM-CAL-ARENA 1:2:6 a nivel y regla, acabado con llana de madera. Incluye: remates con volteador, emboquillados a tres capas	M2	\$ 89.22	89.89	\$ 8,019.99
	Pintura vinilica acrilica calidad "A" según NOM-U-97-1981, en muros, plafones, trables, columnas, zoclo, trabajo terminado. Incluye: preparar la superficie, rebabear, plaste.	M2	\$ 38.91	254.26	\$ 9,893.26

	Limpieza de pisos de concreto con cepillo, agua, acido clorhidrico	M2	\$ 9.34	24.6	\$ 229.76
Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
	Limpieza de recubrimiento vidriado con cepillo agua y acido clorhidrico	M2	\$ 7.95	46	\$ 365.70
4	Instalaciones				
	Salida de alumbrado o contcto con caja de PVC y tubo de PVC ligero. Incluye:tapas de 1, 2 y 3 ventanas o ciegas de baquelita, contras, monitores, conductores, apagadores, contactos tuberia dif. Diam. Control para ventilador y todo lo necesario para su buen funcionamiento	SAL	\$ 343.07	7	\$ 2,401.49
	Suministro armado y colocado de luminaria fluorescente de sobreponer tipo classic de 2x39 W. Incluye: materiales de fijacion, mano de obra y herramienta	SAL	\$ 667.01	5	\$ 3,335.05
	Salida de contacto polarizado duplez de 15 A. con caja de PVC, incluye: tuberia conduit PVC ligero 13,19 y 25 MM de día, cable #12 y placas de 1,2 y 3 ventanas	SAL	\$ 334.63	2	\$ 669.26
	Sum. y coloc. De tablero de control para 4 circuitos monofasico Q.4	PZA	\$ 426.29	1	\$ 427.29
	Suministro y colocación de interruptor termo-magnetico de 1 polo de 15 a 50 AMPS tipo QO de 10000 ACI	PZA	\$ 137.91	3	\$ 413.73
	Suministro y colocación de interruptor termo-magnetico de 2 polos de 15 a 50 AMPS tipo QO de 10000 ACI	PZA	\$ 295.11	1	\$ 295.11

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
5	Adheridos				
	Suministro y aplicación de impermeabilizantes prefabricado a base de primer asfáltico con rendimiento de 0.20 LTS/M2 para anclaje y tapa podo de la superficie, previa limpieza y preparación de la misma	M2	\$ 104.14	92.88	\$ 9,672.52
	Forjado de repizón de concreto F'C=150 KG/CM2 de 60X24 CM sin armar. Incluye: cimbra comun, concreto y mano de obra	ML	\$ 57.02	6.9	\$ 393.44
	Suministro y colocacion de cerradura de sobreponer con cilindro al exterior modelo # 715 o similar. Incluye: jaladera.	PZA	\$ 414.11	1	\$ 414.11
	Suministro y colocación de puerta o canceleria de madera caoba T-MIAMI de primera,. Incl: marco perimetral barniz marina alkidalico, herrajes y vidrio de 6MM de espesor, como indican planos.	M2	\$ 1,630.20	13.78	\$ 22,464.16
	Suministro y colocación de ventilador de techo. Incluye: conexión, prueba, colocación de control.	PZA	\$ 542.09	2	\$ 1,084.18
	Suministro y colocación de proteccion anticlonica en centanas de canceleria de madera formado por riel tipo "u" y tablonces de 20CM de ancho por 1"	ML	\$ 513.40	6.8	\$ 3,491.12

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
		PZA	\$ 314.45	2	\$ 628.90
	Elaboracion y colocación de soporte para tablonces de proteccion anticiclonica formados por 2 elementos, 1 mensula y 1 escuadra a base de angulo de 1X1X8" unidos por soldadura de dimensiones según proyecto				
6	Cimentación obra exterior				
	Limpia, trazo y nivelación del terreno. Incl: despalme hasta 25CM max.	M2	\$ 18.23	18	\$ 328.14
	Excavación en terreno Inv. En obra cualquier profundidad, para formar pisos, placas	M3	\$ 162.65	6.3	\$ 1,024.70
	Relleno y compactación del material prod. de excavación con compactador mecanico	M3	\$ 70.43	6.3	\$ 443.71
	Relleno y compactación del material inerte con compactador mecanico	M3	\$ 264.90	9.9	\$ 2,622.51
	Rodapie de piedra de la region asentada con mortero CEM-CAL-ARENA	M3	\$ 815.35	3.78	\$ 3,082.02
7	Albañilería y acabados obra exterior				
	Piso de concreto de F'C=150 KG/CM2 de 10CM de espesor acabados pulido o raya	M2	\$ 195.02	18	\$ 3,510.36
	Guarnición de concreto de F'C=150 KG/CM2 de 15X30 CM sin armar. Incluye:	ML	\$ 184.81	18	\$ 3,326.58
	Forjado de nariz en banquetas. Incluye:	ML	\$ 156.46	18	\$ 2,816.28

cimbra aparente y M.O

Limpieza de pisos de concreto con cepillo
agua y acido M2 \$ 9.34 18 \$ 168.12

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
	Registro electrico de 60X60X80 CM de block cemento con tapa de concreto	PZA	\$ 1,156.81	5	\$ 5,784.05
	Base de concreto de F'C=200 KG/CM2 seccion de 80X30X80 CM, incluye: ancla de 50 cm	PZA	\$ 759.29	1	\$ 759.29
8	Instalaciones obra exterior				
	Suministro y colocaión de luminaris punta de poste de aditivos metalicos para 400 W	PZA	\$ 8,833.51	1	\$ 8,833.51
	Suminsitro y tendido de tubo conduit de 19 MM inc. Conex., trazo, exc. Min, 40 CM	ML	\$ 25.36	30	\$ 760.80
	Suministro y tendido de tubo conduit de 32 MM inc. Conex. Trazo, exc. Min. 40 CM	ML	\$ 31.88	150	\$ 4,782.00
	Suministro y colocación y conexcion de cable con aislamiento CAL #10. Incluye: 3% desperdicio	ML	\$ 9.18	500	\$ 4,590.00
	Suministro y colocación y conex. De cable con aislamiento CAL #8. Incluye: 3% desperdicio	ML	\$ 11.43	3250	\$ 37,147.50
9	Adheridos Obra Exterior				
	Corte y destronque de raices de arboles de varios diametros (15 a 60 CM)	PZA	\$ 388.52	1	\$ 388.52
	Ranura pisos de concreto de 10 CM de espeso de 40CM de ancho con disco	ML	\$ 66.91	15	\$ 1,003.65

abrasivo

PZA \$ 6,171.43 1 \$ 6,171.43

Suministro y colocacion de fotocelda de
220V para control de alumbrado exterior

Clave	Descripción	Unid.	P.U	Cantidad	Importe
	Suministro e instalación de electrodo de tierra fisica. Incluye: perforaciones hasta manto fratico	PZA	\$ 1,651.04	1	\$ 1,651.04

Subtotal por partidas

1	Preliminares				\$ 43,565.33
2	Estructura				\$ 57,494.13
3	Albañilería y acabado				\$ 70,469.29
4	Instalaciones				\$ 7,541.93
5	Adheridos				\$ 38,148.43
6	Cimentación obra exterior				\$ 7,501.08
7	Albañilería y acabados obra exterior				\$ 16,364.68
8	Instalaciones obra exterior				\$ 56,113.81
9	Adheridos Obra Exterior				\$ 9,214.64
				Subtotal	\$ 306,413.31
				IVA 16%	\$ 49,026.13
				TOTAL	\$ 355,439.44