

**VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE
RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Gustavo Alberto Ruiz Escobar

ID: 000126196

Eblynh Juliana Méndez Londoño

ID: 000126162

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

**VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE
RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Gustavo Alberto Ruiz Escobar

ID: 000126196

Eblynh Juliana Méndez Londoño

ID: 000126162

Proyecto de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil

Directora:

Msc. Silvia Juliana Tijo López

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ante todo a Dios que nos dio la oportunidad de realizar y finalizar una carrera maravillosa que nos aporó conocimiento y formación humana, para ser excelentes profesionales

A la firma constructora que nos permitió y brindó sus instalaciones de trabajo y su personal, colaborándonos con cada aspecto necesario para la elaboración de este proyecto.

A nuestros profesores quienes dejaron en nosotros, sus conocimientos, y sus experiencias para implementarlas en la vida profesional. A la docente Silvia Tijo quien nos dio su apoyo incondicional para sacar adelante este proyecto, aportando su conocimiento y su compromiso para construir una idea que hoy es realidad.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	3
2. JUSTIFICACIÓN.....	5
3. OBJETIVOS.....	7
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. BENCHMARKING EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	8
4.1. ORIGEN.....	8
4.2. CATEGORÍAS	9
4.2.1. <i>El Benchmarking Interno</i>	9
4.2.2. <i>El Benchmarking externo</i>	9
4.2.2.1. <i>Benchmarking no competitivo</i>	9
4.2.2.2. <i>Benchmarking competitivo</i>	10
4.3. TIPOS DE BENCHMARKING EN LA CONSTRUCCIÓN	10
4.3.1. <i>Indicadores claves de rendimiento – Key Performance Indicators (KPI)</i>	11
4.3.2. <i>National Benchmarking system for Chilean Construction Industry developed by the Corporation for Technical Development (CDT)</i>	13
4.3.3. <i>Construction Industry Institute Benchmarking and metric (CII)</i>	16
4.3.4. <i>Bench-Colombia</i>	17
5. INDICADORES DE RENDIMIENTO.....	18
5.1. INDICADORES DE RENDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN	18
5.1.1. <i>Indicadores de rendimientos del CDT</i>	18
5.1.2. <i>Indicadores de rendimientos del KPI</i>	19
5.1.3. <i>Indicadores de rendimientos Bench-Colombia</i>	20
6. SISTEMA DE REFERENCIACION (HERRAMIENTA).....	21
6.1. DESCRIPCIÓN	21

6.2.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN	21
6.2.1.	CARACTERIZACIÓN.....	21
6.2.1.1.	<i>Caracterización de la Empresa.....</i>	21
6.2.1.2.	<i>Caracterización de la Obra.....</i>	22
6.2.2.	RECOPIACIÓN DE LOS DATOS.....	22
6.2.2.1.	<i>Formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos</i>	23
6.2.2.1.1.	<i>Categoría Avance de Obra.....</i>	25
6.2.2.1.2.	<i>Categoría Costo.....</i>	26
6.2.2.1.3.	<i>Categoría Endeudamiento.....</i>	27
6.2.2.1.4.	<i>Categoría Subcontratación.....</i>	28
6.2.2.1.5.	<i>Categoría Programación.....</i>	29
6.2.2.1.6.	<i>Categoría Seguridad</i>	30
6.2.2.2.	<i>Formato de Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal obrero, técnico y administrativo.....</i>	31
6.2.2.2.1.	<i>Categoría de Recursos Humano</i>	31
6.2.2.2.1.1.	<i>Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal obrero</i>	32
6.2.2.2.1.2.	<i>Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal administrativo</i>	33
6.2.2.2.1.3.	<i>Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal técnico</i>	34
6.2.2.3.	<i>Formato único de muestreo de trabajo, basado en la filosofía de Lean Construction y Bench-Colombia.....</i>	35
6.2.2.3.1.	<i>Categoría de Productividad.....</i>	35
6.2.2.3.1.1.	<i>Método Estadístico</i>	35
6.2.2.3.1.1.1.	<i>Cálculo de población del indicador.....</i>	36
6.2.2.3.1.1.2.	<i>Hoja de cálculo para muestreo aleatorio simple en Microsoft Excel</i>	37
6.2.2.3.1.2.	<i>Herramientas</i>	42
6.2.2.3.1.3.	<i>Medición.....</i>	43
6.2.2.3.1.4.	<i>Análisis</i>	45

6.2.3.	ANALISIS DE LOS DATOS.....	45
7.	RESULTADO DEL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN	46
7.1.	DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN.....	46
7.1.1.	<i>Caracterización de la Empresa.....</i>	46
7.1.2.	<i>Caracterización de la Obra.....</i>	47
7.1.2.1.	<i>Especificaciones generales de los apartamentos</i>	47
7.1.2.2.	<i>Especificaciones zonas comunes.....</i>	52
7.2.	RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS	55
7.2.1.	<i>Categoría Avance de Obra.....</i>	55
7.2.2.	<i>Categoría Costo.....</i>	56
7.2.3.	<i>Categoría Endeudamiento</i>	56
7.2.4.	<i>Categoría Subcontratación.....</i>	57
7.2.5.	<i>Categoría Programación.....</i>	59
7.2.6.	<i>Categoría Seguridad.....</i>	59
7.2.7.	<i>Categoría de Recursos Humanos.....</i>	61
7.2.7.1.	<i>Personal Obrero.....</i>	63
7.2.7.2.	<i>Personal técnico</i>	64
7.2.7.3.	<i>Personal administrativo.....</i>	65
7.2.8.	<i>Categoría de Productividad.....</i>	65
7.2.8.1.	<i>Lista de asistencia</i>	65
7.2.8.2.	<i>Orden de muestreo.....</i>	67
7.2.8.3.	<i>Recopilación y organización de datos</i>	69
7.2.8.4.	<i>Resultado de Productividad</i>	72
7.3.	INDICADORES DE RENDIMIENTO DEL PROYECTO	74
8.	FORTALEZAS Y DEBILIDADES.....	75
8.1.	SISTEMA DE REFERENCIACIÓN	75
8.2.	ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE REFERENCIACION DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.....	76
	RECOMENDACIONES	78

CONCLUSIONES.....82
BIBLIOGRAFIA.....86

LISTA DE FORMATOS

Formato 1. Medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos.....	24
Formato 2. Medición de satisfacción del personal obrero	32
Formato 3. Medición de satisfacción del personal administrativo	33
Formato 4. Medición de satisfacción del personal técnico	34
Formato 5. Muestreo de trabajo	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de rendimientos del CDT	18
Tabla 2. Indicadores de rendimientos del KPI.....	19
Tabla 3. Indicadores de rendimientos Bench-Colombia	20
Tabla 4. Indicadores de rendimientos contemplados en la validación	21
Tabla 5. Actividades ejecutadas en el 64.65% de avance de obra	55
Tabla 6. Satisfacción del personal Obrero	64
Tabla 7. Satisfacción del personal técnico	64
Tabla 8. Satisfacción del personal Administrativo.....	65
Tabla 9. Lista de Asistencia	67
Tabla 10. Lista de Orden de Muestreo	68
Tabla 11. Indicadores de rendimiento del proyecto	74

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Categoría Avance de obra	25
Ilustración 2. Categoría Costos	26
Ilustración 3. Categoría Endeudamiento	27
Ilustración 4. Categoría Subcontratación	28
Ilustración 5. Categoría Programación	29
Ilustración 6. Categoría Seguridad	30
Ilustración 7. Paso 1-Muestreo Aleatorio Simple	37
Ilustración 8. Paso 2-Muestreo Aleatorio Simple	38
Ilustración 9. Paso 3-Muestreo Aleatorio Simple	39
Ilustración 10. Paso 4-Muestreo Aleatorio Simple	40
Ilustración 11. Paso 5-Muestreo Aleatorio Simple	41
Ilustración 12. Paso 6-Muestreo Aleatorio Simple	42
Ilustración 13. Estructura sin barandas de protección	60
Ilustración 14. Implementación de encuesta para el personal obrero	63
Ilustración 15. Método de enumeración para el orden de las mediciones	69
Ilustración 16. Formato de muestreo de trabajo con información recopilada en campo....	70
Ilustración 17. Hoja de cálculo para ordenar los datos recopilados - parte superior	70
Ilustración 18. Hoja de cálculo para ordenar los datos recopilados - parte inferior	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del sistema de evaluación de la gestión	15
Figura 2. Categoría de Endeudamiento	57
Figura 3. Contratación del personal	58
Figura 4. Desglose de la contratación del personal por actividades del contratante	58
Figura 5. Nivel de Satisfacción según las preguntas de la encuesta	61
Figura 6. Nivel de satisfacción según Poblaciones	62
Figura 7. Torta de productividad.....	72
Figura 8. Pareto No contributivo - Perdidas	73

RESUMEN

TITULO: Validación de un sistema de referenciación de indicadores de rendimiento para la industria de la construcción.

AUTOR: Gustavo Alberto Ruiz Escobar, Eblynh Juliana Méndez Londoño

FACULTAD: Ingeniería Civil.

DIRECTOR: Silvia Juliana Tijo López

PALABRAS CLAVES: Benchmarking, Sistema de Referenciación, Rendimiento

PALABRAS: 180

Con referencia en los principios metodológicos del Benchmarking para la construcción, se elabora el presente proyecto, el cual busca validar un nuevo sistema de referenciación de indicadores de rendimiento, para obtener una herramienta que ayude a realizar diagnósticos con mediciones sencillas y de corto tiempo para el sector de la construcción. Para ello se retoman esquemas de medición de rendimiento como el sistema chileno de Benchmarking para la construcción, los indicadores claves de rendimiento del Reino Unido, y Bench-Colombia.

Las categorías usadas para la validación son: Costo, Endeudamiento, Avance de Obra, Subcontratación, Programación, Seguridad, Recursos Humanos y Productividad; las cuales permiten que las compañías tomen decisiones para mejorar el rendimiento de sus proyectos.

Algunos de los resultados que se obtienen en la empresa en la que se realiza la validación del sistema de referenciación son: el bajo factor de endeudamiento y costo, totalidad de mano de obra subcontratada, cumplimiento de las actividades y eficiente ejecución de recursos, baja tasa de accidentalidad con alto riesgo, satisfacción general de los empleados y disminución de la productividad por observación y charla entre trabajadores.

ABSTRACT

TITLE: Validation of a referencing system of performance indicators for the construction industry.

AUTHOR: Gustavo Alberto Ruiz Escobar, Eblynh Juliana Méndez Londoño

FACULTY: Civil engineering.

DIRECTOR: Silvia Juliana Tijo Lopez

KEY WORDS: Benchmarking Referencing System, Performance

WORDS: 154

With reference to the methodological principles of Benchmarking for construction, this Project is developed, which seeks to validate a new system of benchmarking performance indicator, to obtain a tool that helps with simple measurements diagnostics and in short time for construction industry. This takes up performance measurement schemes such as the Chilean system of Benchmarking for construction, the key performance indicators in the UK, and Bench-Colombia.

The categories used for validation are: cost, levels of debt, advance construction, outsourcing, scheduled duration safety, human resources and productivity, which allow companies to take decisions to improve the performance of their projects.

Some of the results obtained in the company in which validation of the referencing system is performed are: the low level of debt and cost, all outsourcing contract labor, performance of activities and resource efficient execution, low rate of accidents with high risk, general employee satisfaction and productivity decrease by observation and conversation among workers.

INTRODUCCIÓN

Bucaramanga, hoy en día se puede considerar como una de las ciudades de Colombia con mayor crecimiento en el área de la construcción¹. La demanda de vivienda, la atracción de inversionistas de otras regiones y países, son algunos de los aspectos que dan fe de ello. Por esto se hace necesaria la preparación de empresas locales para competir acertadamente con compañías que quieran incursionar en el mercado, así mismo se hace relevante mejorar los rendimientos y realizar construcciones atractivas de menor precio y mayor calidad.

El rendimiento es un factor que se debe tener en cuenta al finalizar un proyecto, ya que determina la calidad y validación del mismo, sin embargo hasta el momento sólo se ha tenido el criterio de las curadurías al otorgar la licencia de construcción como indicador de que el proyecto cumple con la calidad requerida antes de su ejecución y no después de ella, pero desconoce que la calidad va de la mano con el rendimiento de la obra, pues este permite observar las actividades que requieren mayor detalle, dedicación y seguimiento. Si se evalúa el rendimiento se detectarán fortalezas y debilidades del grupo de trabajo frente al proyecto, teniendo así una evaluación integral y mejorando en todo sentido.

Desafortunadamente, existe muy poca información de rendimiento de los proyectos de construcción, haciendo inviable una comparación Benchmarking confiable. Esto se debe a que no se ha estandarizado un método de Benchmarking en este sector, y la falta de compromiso de los directivos de las organizaciones, la carencia en la cultura de medición en las empresas y la

¹ COLOMBIA, CENTRO DE ESTUDIOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL DESARROLLO URBANO Y REGIONAL. (2011). [Version Electronica] Obtenido de la red el 3 de Octubre de 2011 de http://www.cenac.org.co/quienes_somos.shtml?apc=a1-1--&x=20152630.

ausencia de recursos², hacen más difícil la obtención de la información requerida. Por eso se trabajará en validar un sistema de medición de fácil manejo.

² Botero, Luis F. Álvarez, Martha E. Ramírez, Carlos A. (2007). Benchcolombia sistema de referenciación para la construcción. Revista de ingeniería universidad de los andes, 44. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco host.

2. JUSTIFICACIÓN

Al realizar un proyecto se debe tener claro los ciclos que este conlleva, ya que dependiendo de su respectiva planeación, ejecución y control se puede evaluar su eficiencia. Miranda³ afirma que un proyecto se inicia con la identificación, selección, formulación, evaluación y negociación de un objetivo en particular, primera etapa que se denomina la pre-inversión; luego se debe ejecutar de acuerdo a la planeación, llevando un control y una revisión continua; Por último se lleva a operar con su respectiva administración.

En Colombia, la gran mayoría de constructoras aseguran que la capacidad de crecimiento de la economía en el ámbito de la construcción depende exclusivamente de la inversión, pero desconocen que el ritmo de la sociedad ha cambiado producto de la globalización que exige mejorar y ser más competitivos, no solo a nivel regional o nacional, sino también internacional, por el hecho de que existen facilidades como los tratados de libre comercio para que empresas extranjeras entren en el mercado de la construcción en Colombia, generando un riesgo para las constructoras nacionales.

Lo anterior resalta la importancia no solo de mantener un nivel elevado de inversión, sino también de mejorar de manera constante la calidad de los productos, y evaluar los indicadores de rendimiento para determinar las capacidades con las que se cuenta y las que se deben mejorar; con el fin de reconocer las fortalezas de la construcción colombiana frente a cualquier empresa extranjera que quiera competir en el mercado nacional.

³ MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos. 6 ed. Bogotá: MM, 2009. p.

El sistema de referenciación basado en indicadores de rendimiento para la construcción, beneficiará de forma directa a las empresas que realicen este estudio, ya que al implementar Benchmarking podrán medir y comparar sus capacidades y rendimientos frente a otras empresas del mismo sector, pudiendo así resaltar las fortalezas que servirán de ejemplo a las demás compañías e identificar las debilidades para mejorar en próximos proyectos; haciendo más competitivo y de mayor calidad la empresa como tal y así mismo el sector de la construcción colombiana.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Validar un sistema de referenciación mediante indicadores de rendimientos en una empresa constructora de Bucaramanga para realizar un diagnostico de rendimiento.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recopilar información por medio de formatos que contienen indicadores de rendimientos en una empresa constructora de Bucaramanga.
- Analizar los indicadores de rendimiento de una empresa constructora de Bucaramanga.
- Identificar fortalezas y debilidades correspondientes al análisis de una empresa constructora de Bucaramanga.
- Proponer un sistema de referenciación con indicadores de rendimientos para realizar benchmarking en la industria de la construcción.

4. BENCHMARKING EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

4.1. ORIGEN

El Benchmarking es un proceso de evaluación comparativa de las fortalezas y debilidades de los productos, servicios y procesos de una organización frente a otras, aunque no sean del mismo sector. El inicio del Benchmarking ocurrió en 1979 en Xerox una fábrica de fotocopiadoras de Estado Unidos cuando la industria japonesa estaba arrasando con este mercado en todo el mundo. Los fabricantes de Xerox no entendían como los japoneses podían producir productos a tan bajo precio. Comenzando a usar un proceso que fue denominado. “Calidad de producto y comparación de características” ellos compraron productos de la competencia e hicieron una evaluación exhaustiva de los productos, pero observaron que la competencia construía buenas maquinas, así que fueron más a fondo, al punto que un comité de Xerox viajó a una compañía afiliada a Xerox llamada Fuji-Xerox para repasar las operaciones detalladas en Japón. Durante ese viaje se dieron cuenta que los bajos costos no estaban relacionados con la mano de obra barata que se creía que tenía Japón, ni con los subsidios que el gobierno le daba a la industria. La disminución de costos se veía reflejada en la eficiencia de los procesos de fabricación, que minimizaba el tiempo de ensamblado y el gasto innecesario de materias primas, lo que hacía de sus productos más económicos. Xerox tomó estas ideas y las implementó en su fábrica haciendo tan obvio el cambio, que esta forma de comparaciones competitivas se conocen hoy como un proceso importante en las industrias.

4.2. CATEGORÍAS

El Benchmarking se compone de dos categorías.

4.2.1. *El Benchmarking Interno*

Identifica dentro de una empresa las actividades laborales similares por **departamento**, y selecciona las mejores prácticas de rendimiento dentro de ella, compartiéndola a los demás departamentos de la organización⁴.

4.2.2. *El Benchmarking externo*

Compara los indicadores propuestos entre empresas, identificando el rango óptimo de rendimiento promedio del sector de estudio sea no competitivo o competitivo.

4.2.2.1. *Benchmarking no competitivo*

El no competitivo compara procesos de trabajos similares de organizaciones que no se encuentran en el mismo sector, lo que no las hace competencia, permitiendo que el intercambio de información no comprometa la confidencialidad y lo haga gratuito para quienes lo comparten. Un ejemplo significativo de Benchmarking no competitivo es el de una aerolínea reconocida, hizo un Benchmarking a los equipos de la **Indy Cart** en los pit stop⁵, para crear un manejo eficiente de entradas y salidas de los aviones en las puertas de embarque

⁴ Fisher, Deborah. Miertschin, Susan. Pollock Jr, David R. (1995). Benchmarking in construction industry. Journal of management in engineering, 11, 51. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco Host.

⁵ El **pit stop**, también conocido como **parada en boxes**, es un término utilizado en las carreras de motor para hacer referencia al lugar en el que un automóvil que compite en la carrera puede repostar, cambiar los neumáticos, hacer reparaciones o ajustes mecánicos o cambiar el conductor. http://es.wikipedia.org/wiki/Pit_stop

4.2.2.2. *Benchmarking competitivo*

El Benchmarking competitivo es más difícil de recopilar y el intercambio de información tiene alto valor ya que la comparación implica directamente a las empresas del mismo sector. En la industria de manufactura es fácil hacer comparaciones entre la competencia ya que sólo se puede comprar un producto, desmantelarlo y ver los avances de los productos, mientras que en la industria de la construcción es casi imposible por el hecho que la gran mayoría de los productos de la construcción son únicos e irrepetibles.

4.3. TIPOS DE BENCHMARKING EN LA CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción se ha quedado retrasada a comparación de la manufactura en la aplicación de innovación, atribuyéndole este retraso a tres factores como la fragmentación del sector en lugar de un enfoque integrado y solidario, el enfoque que se le daba a la construcción como la participación en un proceso con una base de origen doméstico y la complejidad de la fabricación, lo que lleva a que las innovaciones técnicas han de ser más desarrolladas antes de que puedan aplicarse con éxito. La industria manufacturera ha obtenido grandes beneficios con la medición de rendimiento enfocándose a disminuir los costos y aumentar la productividad, así que es esencial que la industria constructora sea impulsada por las lecciones aprendidas de las industrias manufactureras visualizando la mejora de eficiencia empresarial. Así como para la manufactura la medición de índices de rendimiento es fundamental, para la construcción también lo es. Por lo tanto la industria constructora ha seguido el ejemplo de las empresas de manufactura adoptando programas de gerencia en la calidad desde que se percataron que algunos factores afectaban directamente el avance y presupuesto del proyecto. Dueños y contratistas se reunieron con el fin de establecer los

primeros datos de referencia para ser usados en la industria de la construcción en la mesa redonda de negocios celebrada en Houston en 1992. La gestión de calidad total – total quality mangement (TQM) fue de las principales opciones para hacer referencia a la competitividad en la ingeniería y la construcción, mejorando la calidad y productividad de las empresas. El principal fundamento del TQM es el continuo mejoramiento y se determinó que era indispensable saber qué tendrían que cambiar para ser más eficientes, ese cambio para ser verificado debía ser medido, y esa medición se debía comparar para saber el grado de éxito⁶. Reuniendo estos parámetros dados por el fundamento TQM se tendría un breve resumen de Benchmarking. A nivel mundial se han desarrollado varios métodos para medición de rendimiento en la construcción, pero sólo el Reino Unido, Chile y Estados Unidos han sobresalido en este ámbito de Benchmarking de la construcción. En el Reino Unido se conoce como Key Performance Indicators (KPI), En Chile se conoce como CDT ya que la corporación de desarrollo tecnológico de Chile fue quien implementó el método, en Estados Unidos como Construction Industry Institute Benchmarking and metric (CII), y en Colombia se desarrolló un estudio de Benchmarking con los principios del CDT denominado Bench-Colombia. A continuación se mostrará lo más relevante de cada uno de los métodos mencionados.

4.3.1. Indicadores claves de rendimiento – Key Performance Indicators (KPI)

En el Reino Unido se lanzó un programa de indicadores claves de rendimiento más conocido como (KPI) en el año 1998. Este programa fue soportado por el gobierno Inglés. El propósito del KPI es permitir la medición de proyectos y el rendimiento organizacional a lo largo de una gran cantidad de proyectos,

⁶ Fisher, Deborah. Op cit.

proporcionando indicadores de rendimientos para la industria de la construcción⁷.

El diseño del primer KPI fue resultado de una iniciativa participativa de extensas revisiones y corrección por parte de expertos en el tema, generando los indicadores de medición que se muestran a continuación:

1. Satisfacción del cliente – producto
2. Satisfacción del cliente – servicio
3. Costo de la construcción
4. Tiempo de construcción
5. Defectos
6. Previsibilidad de costo
7. Previsibilidad de tiempo
8. Rentabilidad
9. Productividad
10. Seguridad

Estos indicadores fueron clasificados como los **indicadores principales** ya que representan el ciclo de vida del proyecto. También se presentan indicadores secundarios que están clasificados en las siguientes categorías:

1. Indicadores operacionales: Indicadores de aspectos específicos de las actividades de la compañía que permiten a la gestión identificar y enfocar las áreas específicas para su mejoramiento.
2. Indicadores de diagnóstico: proporcionan información sobre los cambios de los indicadores operacionales, utilizando esta información para realizar un análisis de áreas de mejora en detalle.

⁷ Costa, Dayana B. Formoso, Carlos T. Kagioglou, Michail. Alarcon, Luis F. (2004). Performance measurement systems for benchmarking in the construction industry. 3. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos IGLC.

Se observa que este método de evaluación de rendimiento reúne una medición del proyecto y una medición de opinión del personal. En cuanto al proyecto los indicadores son basados en el costo y en la programación, adicionalmente comparten indicadores de rentabilidad, productividad y seguridad. Lo más significativo del KPI es la medición de indicadores al personal que tendrán en cuenta la satisfacción del trabajador, rotación del personal, ausencias por enfermedad, horas de trabajo, clasificación y habilidades, equidad y diversidad, capacitación, salario e inversión, teniendo más en detalle la información de la mano de obra del proyecto.

4.3.2. National Benchmarking system for Chilean Construction Industry developed by the Corporation for Technical Development (CDT)

El desarrollo del sistema chileno de Benchmarking para la construcción desarrollado por la corporación de desarrollo tecnológico y por eso su denominación del modelo CDT, ha venido recopilando la información que se inició desde la mesa redonda de Houston, incluyendo una extensiva revisión de literatura e investigación empírica, por ende ha evolucionado considerablemente al punto que las grandes empresas de construcción en Chile usan este modelo para la medición de los rendimiento en sus proyectos.

El objetivo de los indicadores es promover el continuo mejoramiento y comparación entre las empresas. Inicialmente el método CDT tuvo en cuenta los siguientes indicadores:

1. Desviación de costo del proyecto
2. Desviación de la construcción en la programación
3. Cambio en el valor contratado
4. Tasa de accidentes

5. Tasa de riesgo
6. Eficiencia en la dirección del proyecto
7. Productividad y rendimiento
8. Tasa de subcontratación
9. Queja de los clientes por costos
10. Pedidos urgentes
11. Efectividad de la planeación

En la primera fase del proyecto, las compañías de construcción adoptaron unos indicadores fáciles de medir, usando un sistema de control existente en la organización implementado por (Alarcón 2001). La medición usa herramientas cuantitativas y cualitativas para el análisis de resultados tales como:

1. Curvas de clasificación
2. Graficas de radar
3. Graficas en barra
4. Tablas con resultados de las empresas

A continuación se en la figura 1 se muestra el proceso de Benchmarking en el diagrama de evaluación del sistema

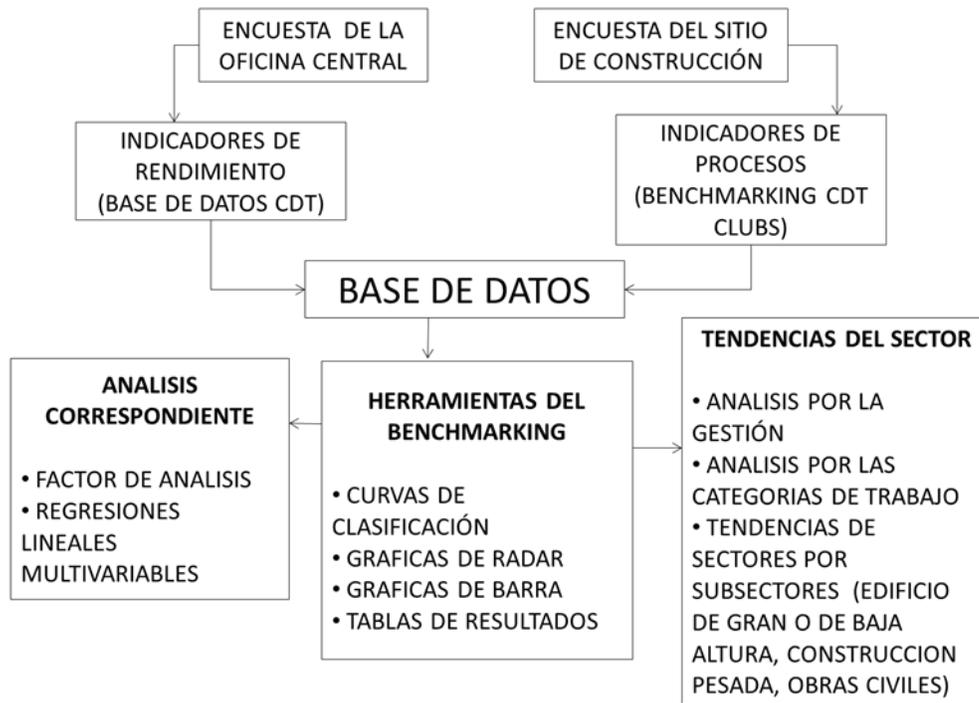


Figura 1. Diagrama del sistema de evaluación de la gestión⁸

El sistema de Benchmarking ha sido desarrollado por la industria de la construcción para proveerse de información con los conocimientos básicos y experiencias de otros proyectos similares ya ejecutados. El sistema forma parte de una evaluación que compara las prácticas y descubre las relaciones entre la información de los índices de rendimiento para determinar la tendencia de la industria constructora. Este método de CDT tiene como objetivos mejorar la calidad y cantidad de información disponible, para que las compañías puedan realizar comparaciones reales de índices de rendimiento, mejorando así la productividad de las compañías e industrias.

⁸ Ramirez R, Ricardo. Alarcon C, Luis F. Knights, Peter. (2002). Benchmarking management practices in the construction industry. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco Host

4.3.3. Construction Industry Institute Benchmarking and metric (CII)

Este modelo comenzó en el año 1993 teniendo como objetivo proveer normas de desempeño a la industria, cuantificando el uso y valor de las mejores prácticas y ayudando a orientar a la industria de construcción en Estados Unidos. En esa misma época determinaron medidas de rendimientos que podrían ser usadas para la práctica y desarrollo de estrategias en la industria constructora, analizando los indicadores propuestos por el CII. Los primeros índices de rendimiento se aparecieron en 1996 pero los índices usados hoy en día se modificaron y se establecieron en el año 2000⁹.

A continuación se muestra los indicadores del CII

- Costo
- Cronograma
- Seguridad
- Cambios en factor de costos

El CII Benchmarking comenzó a recolectar información en una base de datos en una página web de muy fácil manejo en el 2003. Allí los proyectos pueden ser comparados inmediatamente siempre y cuando hayan entregado la información correspondiente, junto a la medición encargada por el CII. Los reportes se analizan por medio de las mediciones, rendimientos, gráficas y comparaciones de cada uno de los proyectos que fueron evaluados. La acogida en los Estados Unidos de este sistema de rendimiento fue exitosa, de tal manera que más de 1100 proyectos de 70 compañías diferentes implementaron este método en el

⁹ Costa, Dayana B. Formoso, Carlos T. Kagioglou, Michail. Alarcon, Luis F. (2004). Performance measurement systems for benchmarking in the construction industry. 6. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Iglc.

2003 y se demostró que la gran mayoría de compañías obtuvieron mejoras en el rendimiento de sus operaciones al usar el Benchmarking.

4.3.4. Bench-Colombia

En Colombia el Benchmarking en la construcción tiene un retraso a comparación de otros países, ya que la única fuente conocida de evaluación comparativa de construcción es Bench-Colombia donde su inicio formal fue en los años 2006 y 2007. Es acertado decir que Colombia está comenzando a enfatizar en el proceso de Benchmarking ya que el desarrollo del país hace necesaria su intervención para el mejoramiento conjunto de la industria de la construcción, aunque existen algunas barreras que opacan la intención de quienes hacen Benchmarking, estas barreras podrían ser la falta de compromiso de los directivos de las organizaciones, la falta de cultura de medición en las empresas, y la falta de recursos¹⁰.

Hay que tener en cuenta que el ciclo de un proyecto no es sólo la pre inversión, inversión y operación, se debe tener muy presente que existe un cuarto fundamento que se denomina como evaluación ex post y trata específicamente de evaluar el proyecto, para identificar mejoras y falencias, así que se incluye el Benchmarking como una herramienta necesaria para cada uno de los proyectos de construcción.

¹⁰ Botero, Luis F. Alvarez, Martha E. Ramirez, Carlos A. (2007). Benchcolombia sistema de referenciación para la construcción. Revista de ingeniería Universidad de Los Andes, 44. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco host.

5. INDICADORES DE RENDIMIENTO

Los indicadores de rendimiento son instrumentos cualitativos o cuantitativos que determinan el desempeño de un proceso, identificando cambios concretos relacionados directamente con la calidad del producto, pudiendo así entregar diagnósticos reales de los procesos, para implementar mejoras y progresos.

5.1. INDICADORES DE RENDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN

En las tablas 1,2 y 3 se muestran los indicadores de rendimiento del CDT, KPI y Bench-Colombia.

5.1.1. Indicadores de rendimientos del CDT

AREA	INDICADOR	UNIDADES
Costo	Desviación del costo por el proyecto	$(Coto Real - Costo Presupuestado) / (Costo Presupuestado)$
Fecha de vencimiento	Desviación de la fecha de vencimiento de la construcción	$(Fecha de Vencimiento Real - Fecha de Vencimiento Inicial Presupuestado) / (Fecha de Vencimiento Inicial Presupuestado)$
Alcance del proyecto	Cambio en la cantidad contratada	$(Venta Final del Contrato) / (Venta Inicial del Contrato)$
Seguridad	Índice de accidentes	$(Numero de Accidentes) / (Total de Trabajadores) * 100$
	Riesgos	$(Numero de Dias Perdidos) / (Promedio Anual de Trabajadores) * 100$
Mano de obra	Eficiencia de la mano de obra directa	$(Horas Directas Presupuestadas) / (Horas Directas Reales)$
		$(Costo Horas Directas Presupuestadas) / (Costo Horas Directas Reales)$
Construcción	Productividad - Rendimiento	$(Venta Final del Contrato) / (Horas Mano de Obra Directas en el Sitio de Construcción)$
		$(Venta Final del Contrato) / (Unidades Relevantes de Ejecucion)$
Subcontratación	Índice de subcontratación	$(Cantidad Subcontratada) / (Venta Final del Contrato)$
Calidad	Costo de las quejas de los clientes	$(Costo Quejas Clientes) / (Costo Total del Proyecto)$
		$(Costo Quejas Clientes) / (Numero de Quejas por Cliente)$
Obtención	Ordenes urgentes	$(Numero de Ordenes Urgentes) / (Total de Ordenes)$
Planeación	Efectividad de la planificación	$\% Actividades Completas = (Numero de Actividades Completas) / (Numero de Actividades Programadas)$

Tabla 1. Indicadores de rendimientos del CDT¹¹

¹¹ Ramirez, Ricardo. Alarcon, Luis F. Knights, Peter. Benchmarking Management practices in the construction industry. Table 2. Performance Indicators Used. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco Host. p4

5.1.2. Indicadores de rendimientos del KPI

Project KPIs	Definición	escala
Satisfacción del cliente – Producto	Que tan satisfecho está el cliente con el producto terminado/facilidad, usando escala de 1 a 10:	10 = Totalmente satisfecho 8 = Satisfecho 5/6 = Insatisfecho 3 = Muy insatisfecho 1 = Totalmente insatisfecho
Satisfacción del cliente – Servicio	Que tan satisfecho está el cliente con el servicio de los consultores y contratista principal, usando escala de 1 a 10:	10 = Totalmente satisfecho 8 = Satisfecho 5/6 = Insatisfecho 3 = Muy insatisfecho 1 = Totalmente insatisfecho
Defectos	La condición del producto/facilidad con respecto a los defectos en el momento de traspaso, usando escala de 1 a 10:	10 = Sin defectos 8 = Algunos defectos sin impacto significativo en el cliente 5/6 = Algunos defectos con algún impacto en el cliente 3 = Muchos defectos con mucho impacto en el cliente 1 = Totalmente defectuoso
Satisfacción del empleado	Que tan satisfechos están los empleados directos con: a. Que tanta influencia tienen ellos sobre su trabajo b. De sus pagos y condiciones c. La sensación de logro que obtienen por su trabajo d. El respeto que reciben de sus superiores/supervisores Usando una escala de 1 a 10	10 = Muy satisfecho 8 = Satisfecho 5/6 = Insatisfecho 3 = Muy insatisfecho 1 = Totalmente insatisfecho

Tabla 2. Indicadores de rendimientos del KPI¹²

¹² CONSTRUCTION STATISTICS - CHAPTER 16 - KEY PERFORMANCE INDICATORS AND BENCHMARKING. (2010). [Version Electronica] Obtenido de la red el 3 de Octubre de 2011 de <http://www.ons.gov.uk/ons/search/index.html?newquery=kpi>.

5.1.3. Indicadores de rendimientos Bench-Colombia

CATEGORIA	INDICADOR	TIPO
COSTOS (Resultados economicos del proyecto y su relacion con lo presupuestado)	Desviacion de costo	Resultado - Proyecto
	Factor presupuesto cliente	Resultado - Proyecto
	Factor presupuesto dueño	Resultado - Proyecto
	Relacion de beneficio	Resultado - Proyecto
PLAZOS (Resultados en la variable tiempo y su relacion con la programacion)	Desviacion de plazo	Resultado - Proyecto
	Factor de plazo clientes	Resultado - Proyecto
	Factor de plazo dueño	Resultado - Proyecto
CALIDAD (Resultados de calidad del producto y desempeño en la posventa)	Entrega cero detalles	Resultado - Proyecto
	Factor reclamo entrega	Resultado - Proyecto
	Costo posventa	Resultado - Proyecto
SATISFACCION DEL CLIENTE (Percepcion del cliente sobre el producto y servicio)	Calidad del producto	Resultado - Proyecto
	Asesoría en las ventas	Resultado - Proyecto
	Atencion posventa	Resultado - Proyecto
AMBIENTAL (Impacto del proceso constructivo en el ambiente)	Cantidad de desperdicios	Resultado - Proyecto
	Consumo de energia	Resultado - Proyecto
	Uso del agua	Resultado - Proyecto
SEGURIDAD (Desempeño de la gestion de seguridad en la empresa)	Tasa de accidentes	Resultado - Proyecto
	Indice de frecuencia	Resultado - Proyecto
	Indice de lesiones incapacitantes	Resultado - Proyecto
	Indice de severidad	Resultado - Proyecto
PRODUCCION (Desempeño en la medicion de perdidas y confiabilidad de la planificacion)	PAC	Procesos - Proyecto
	Tiempo productivo en obra	Procesos - Proyecto
	Tiempo contributivo en obra	Procesos - Proyecto
	Tiempo no contributivo en obra	Procesos - Proyecto
PREOPERATIVOS (Efectividad de la empresa en la presentacion de propuestas publicas y privadas)	Competitividad en licitaciones	Procesos - Proyecto
	Indice de aciertos	Procesos - Proyecto
CLIMA ORGANIZACIONAL (Gestion del recurso humano por parte de la empresa y satisfaccion de empleados)	Indice de capacitacion	Procesos - Proyecto
	Porcentaje de empleados capacitados	Procesos - Proyecto
	Satisfaccion cliente interno en obras	Procesos - Proyecto
	Satisfaccion cliente interno en la sede	Procesos - Proyecto

Tabla 3. Indicadores de rendimientos Bench-Colombia¹³

¹³ Botero, Luis F. Alvarez, Martha E. Ramirez, Carlos A. (2007). Benchcolombia sistema de referenciación para la construcción. Revista de ingeniería Universidad de Los Andes, 44. Recuperado el 3 de Octubre de 2011 de la base de datos Ebsco host. P39

6. SISTEMA DE REFERENCIACION (HERRAMIENTA)

6.1. DESCRIPCIÓN

El sistema de referenciación es la herramienta que reúne todos los indicadores de rendimiento. Su función principal es hacer más fácil la medición de los indicadores, contemplados en tres (3) formatos, a continuación en la tabla 4 se exponen los indicadores de rendimiento contemplados en la validación.

CATEGORIA	INDICADORES	UNIDADES	FUENTE
COSTO	Variación de costo	costo actual/costo presupuestado	FORMATO DE MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTO
ENDEUDAMIENTO	Variación de endeudamiento	presupuesto financiado/presupuesto de proyecto	
AVANCE DE OBRA	Variación de duración prevista	duración actual/duración planeada	
SUBCONTRATACION	Trabajadores subcontratados	trabajadores subcontratados/total de trabajadores	
PROGRAMACIÓN	Actividades programadas	numero de actividades completadas/numero de actividades programadas	
	Presupuesto ejecutado	presupuesto actual/presupuesto programado	
SEGURIDAD	Tasa de accidentes	(número de accidentes*100)/total de trabajadores	
RECURSOS HUMANOS	Satisfacción del personal Obrero		FORMATO DE MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO EN LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL OBRERO, TECNICO Y ADMINISTRATIVO
	Satisfacción del personal Técnico		
	Satisfacción personal Administrativo		
PRODUCTIVIDAD	tiempo productivo y contributivo en obra		FORMATO UNICO DE MUESTREO DE TRABAJO, BASADO EN LA FILOSOFIA DE LEAN CONSTRUCTION
	tiempo no contributivo o pérdidas en obra		

Tabla 4. Indicadores de rendimientos contemplados en la validación

6.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN

6.2.1. CARACTERIZACIÓN

6.2.1.1. Caracterización de la Empresa

En primer lugar se debe saber en dónde se está trabajando. Así que se tiene que hacer una visita previa de reconocimiento empresarial, donde se adquieran los conocimientos básicos que tiene la empresa en estudio

6.2.1.2. Caracterización de la Obra

Se debe hacer una visita de obra, días previos a la medición para saber específicamente, cuál será el lugar de trabajo. Las mediciones que se hacen en obra corresponden a la categoría de recursos humanos y productividad ya que interactúan directamente con los trabajadores y actividades del proyecto. De igual manera el formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, contiene espacios donde se podrá incorporar alguna información necesaria para la caracterización necesaria de la obra.

6.2.2. RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

Los indicadores de rendimiento se aplican mediante encuestas y mediciones, aplicadas en la obra o en algunos casos, en la sede administrativa de la empresa. El orden de la recopilación de los datos, es de gran importancia, ya que mantiene una jerarquía estratégica que ayuda a mantener coherencia a la hora del análisis de los datos, a continuación se muestra el orden de los formatos:

- formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos (primera medición)
- formato único de muestreo de trabajo
- Formatos de medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal obrero, administrativo y técnico
- formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos (segunda medición)

6.2.2.1. Formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos

Este formato está basado en el sistema chileno de Benchmarking para la construcción desarrollado por la corporación de desarrollo tecnológico (CDT) donde la información es exclusiva de quienes estén a cargo del presupuesto y programación de la obra, junto a los ingenieros residentes que ejecutan las obras en campo. La selectiva implementación de este formato hace que los datos sean los requeridos para la realización del diagnóstico.

En el formato 1 presentado a continuación se encuentra la herramienta de medición de indicadores de rendimiento para la información exclusiva de los proyectos, y en las ilustraciones 1,2,3,4,5 y 6 se expone cada una de sus categorías

MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS
PROYECTOS

REPORTAJE DE BENCHMARKING

Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL

PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE
REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Gustavo Alberto Ruiz Escobar
Eblynh Juliana Méndez Londoño

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nombre de la Empresa en Estudio: _____

Encuestador: _____

Encuestado: _____

Cargo Encuestado: _____

Nombre del Proyecto: _____

Día de Inicio de la Obra: _____

Día de Terminación de la Obra: _____

Precio Total del Proyecto: _____

M² Lote: _____

M² Construidos: _____

M² por Apartamento: _____

Baños por Apartamento: _____

Estrato: _____

Tipo de Construcción: _____

Sistema Constructivo: _____

Avance de Obra:

$$\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Costo:

$$\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Endeudamiento:

$$\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Subcontratación:

$$\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Programación:

$$\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Seguridad:

$$\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Comentarios:

**Formato 1. Medición de indicadores de rendimiento para información
exclusiva de los proyectos**

6.2.2.1.1. Categoría Avance de Obra

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. El indicador evaluado en esta categoría es el de la variación de duración prevista para identificar cuanto porcentaje se ha avanzado en el total del proyecto.

<p>MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTOS</p> <p>REPORTAJE DE BENCHMARKING</p> <p>Toda la información escrita en el documento es CONFIDENCIAL</p> <p>PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</p> <p>Gustavo Alberto Ruiz Escobar Eblynh Juliana Méndez Londoño</p> <p>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA 2012</p>	<p>Costo:</p> $\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Endeudamiento:</p> $\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Subcontratación:</p> $\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Programación:</p> $\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Seguridad:</p> $\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Nombre de la Empresa en Estudio: _____</p> <p>Encuestador: _____</p> <p>Encuestado: _____</p> <p>Cargo Encuestado: _____</p> <p>Nombre del Proyecto: _____</p> <p>Día de Inicio de la Obra: _____</p> <p>Día de Terminación de la Obra: _____</p> <p>Precio Total del Proyecto: _____</p> <p>M² Lote: _____</p> <p>M² Construidos: _____</p> <p>M² por Apartamento: _____</p> <p># Baños por Apartamento: _____</p> <p>Estrato: _____</p> <p>Tipo de Construcción: _____</p> <p>Sistema Constructivo: _____</p>	
<p>Avance de Obra:</p> $\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$	

Ilustración 1. Categoría Avance de obra

6.2.2.1.2. Categoría Costo

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. El indicador evaluado en esta categoría es el de variación de costo que ayuda a identificar cuanto porcentaje del costo total de la obra se ha ejecutado.

MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS
PROYECTOS

REPORTAJE DE BENCHMARKING

Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL

PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE
REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Gustavo Alberto Ruiz Escobar
Eblynh Juliana Méndez Londoño

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nombre de la Empresa en Estudio: _____

Encuestador: _____

Encuestado: _____

Cargo Encuestado: _____

Nombre del Proyecto: _____

Día de Inicio de la Obra: _____

Día de Terminación de la Obra: _____

Precio Total del Proyecto: _____

M² Lote: _____

M² Construidos: _____

M² por Apartamento: _____

Baños por Apartamento: _____

Estrato: _____

Tipo de Construcción: _____

Sistema Constructivo: _____

Avance de Obra:

$$\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \text{_____}$$

Costo:

$$\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \text{_____}$$

Endeudamiento:

$$\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \text{_____}$$

Subcontratación:

$$\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \text{_____}$$

Programación:

$$\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \text{_____}$$

$$\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \text{_____}$$

Seguridad:

$$\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \text{_____}$$

Comentarios:

Ilustración 2. Categoría Costos

6.2.2.1.3. Categoría Endeudamiento

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. El indicador evaluado en esta categoría es el de la variación de endeudamiento necesario identificar cuanto porcentaje de endeudamiento tiene el proyecto, el cual da un índice de comparación con otras empresas, para saber que tan efectivo es tener un determinado porcentaje de endeudamiento.

<p>MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTOS</p> <p>REPORTAJE DE BENCHMARKING</p> <p>Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL</p> <p>PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</p> <p>Gustavo Alberto Ruiz Escobar Eblynh Juliana Méndez Londoño</p> <p>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA 2012</p>	<p>Costo:</p> $\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$
<p>Nombre de la Empresa en Estudio: _____</p> <p>Encuestador: _____</p> <p>Encuestado: _____</p> <p>Cargo Encuestado: _____</p> <p>Nombre del Proyecto: _____</p> <p>Día de Inicio de la Obra: _____</p> <p>Día de Terminación de la Obra: _____</p> <p>Precio Total del Proyecto: _____</p> <p>M² Lote: _____</p> <p>M² Construidos: _____</p> <p>M² por Apartamento: _____</p> <p># Baños por Apartamento: _____</p> <p>Estrato: _____</p> <p>Tipo de Construcción: _____</p> <p>Sistema Constructivo: _____</p>	<p>Endeudamiento:</p> $\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$
<p>Avance de Obra:</p> $\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$	<p>Subcontratación:</p> $\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$
	<p>Programación:</p> $\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$
	<p>Seguridad:</p> $\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$
	<p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Ilustración 3. Categoría Endeudamiento

6.2.2.1.4. Categoría Subcontratación

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. El indicador evaluado en esta categoría es el de trabajadores subcontratados para identificar cuanto porcentaje de trabajadores de la obra son subcontratados, el cual da un índice de comparación con otras empresas, para saber que tan efectivo es tener un determinado porcentaje de trabajos subcontratados.

<p>MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTOS</p> <p>REPORTAJE DE BENCHMARKING</p> <p>Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL</p> <p>PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</p> <p>Gustavo Alberto Ruiz Escobar Eblynh Juliana Méndez Londoño</p> <p>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA 2012</p>	<p>Costo:</p> $\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Endeudamiento:</p> $\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Subcontratación:</p> $\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Programación:</p> $\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Seguridad:</p> $\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Nombre de la Empresa en Estudio: _____</p> <p>Encuestador: _____</p> <p>Encuestado: _____</p> <p>Cargo Encuestado: _____</p> <p>Nombre del Proyecto: _____</p> <p>Día de Inicio de la Obra: _____</p> <p>Día de Terminación de la Obra: _____</p> <p>Precio Total del Proyecto: _____</p> <p>M² Lote: _____</p> <p>M² Construidos: _____</p> <p>M² por Apartamento: _____</p> <p># Baños por Apartamento: _____</p> <p>Estrato: _____</p> <p>Tipo de Construcción: _____</p> <p>Sistema Constructivo: _____</p> <p>_____</p> <p>Avance de Obra:</p> $\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$	

Ilustración 4. Categoría Subcontratación

6.2.2.1.5. Categoría Programación

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. Los indicadores evaluados en esta categoría son las actividades programadas y presupuesto ejecutado, para identificar el correcto seguimiento del cronograma y los posibles retrasos o adelantos del proyecto respecto al presupuesto previsto en el momento de la medición.

<p>MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTOS</p> <p>REPORTAJE DE BENCHMARKING</p> <p>Toda la información escrita en el documento es CONFIDENCIAL</p> <p>PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</p> <p>Gustavo Alberto Ruiz Escobar Eblynh Juliana Méndez Londoño</p> <p>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA 2012</p>	<p>Costo:</p> $\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Endeudamiento:</p> $\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Subcontratación:</p> $\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Programación:</p> $\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Seguridad:</p> $\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Nombre de la Empresa en Estudio: _____</p> <p>Encuestador: _____</p> <p>Encuestado: _____</p> <p>Cargo Encuestado: _____</p> <p>Nombre del Proyecto: _____</p> <p>Día de Inicio de la Obra: _____</p> <p>Día de Terminación de la Obra: _____</p> <p>Precio Total del Proyecto: _____</p> <p>M² Lote: _____</p> <p>M² Construidos: _____</p> <p>M² por Apartamento: _____</p> <p># Baños por Apartamento: _____</p> <p>Estrato: _____</p> <p>Tipo de Construcción: _____</p> <p>Sistema Constructivo: _____</p>	
<p>Avance de Obra:</p> $\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$	

Ilustración 5. Categoría Programación

6.2.2.1.6. Categoría Seguridad

Se mide por medio del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, diligenciada por el o los encargados de la programación y costos del proyecto. El indicador evaluado en esta categoría es el de porcentaje de accidentalidad provocados en el transcurso de las actividades del proyecto.

<p>MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA INFORMACIÓN EXCLUSIVA DE LOS PROYECTOS</p> <p>REPORTAJE DE BENCHMARKING</p> <p>Toda la información escrita en el documento es CONFIDENCIAL</p> <p>PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</p> <p>Gustavo Alberto Ruiz Escobar Eblynh Juliana Méndez Londoño</p> <p>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA 2012</p>	<p>Costo:</p> $\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Endeudamiento:</p> $\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Subcontratación:</p> $\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Programación:</p> $\frac{\# \text{ Actividades Completadas}}{\# \text{ Actividades Programadas}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ $\frac{\text{Presupuesto Actual (\$)}}{\text{Presupuesto Programado (\$)}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Seguridad:</p> $\frac{\# \text{ Accidentes Reportados}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Nombre de la Empresa en Estudio: _____</p> <hr/> <p>Encuestador: _____</p> <p>Encuestado: _____</p> <p>Cargo Encuestado: _____</p> <p>Nombre del Proyecto: _____</p> <p>Día de Inicio de la Obra: _____</p> <p>Día de Terminación de la Obra: _____</p> <p>Precio Total del Proyecto: _____</p> <p>M² Lote: _____</p> <p>M² Construidos: _____</p> <p>M² por Apartamento: _____</p> <p># Baños por Apartamento: _____</p> <p>Estrato: _____</p> <p>Tipo de Construcción: _____</p> <p>Sistema Constructivo: _____</p> <hr/> <p>Avance de Obra:</p> $\frac{\text{Duración Actual}}{\text{Duración Total de la Obra}} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$ <hr/>	

Ilustración 6. Categoría Seguridad

6.2.2.2. Formato de Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal obrero, técnico y administrativo

Este formato se basa en la metodología de los indicadores claves de rendimiento del Reino Unido (KPI), enfatizando hacia el diagnóstico del recurso humano frente al ambiente laboral de la empresa, indicador de gran importancia para el mejoramiento de la compañía.

6.2.2.2.1. Categoría de Recursos Humano

Se mide mediante una encuesta a 3 distintas poblaciones: Obreros, Administrativos y técnicos, para observar el porcentaje de satisfacción de cada uno de estos sectores. Estas encuestas están ajustadas a la filosofía del KPI. Esta medición debe ser hecha en las instalaciones de la Obra para los técnicos y obreros, mientras que para los administrativos, se debe hacer una visita a las oficinas de la constructora para medir la satisfacción de los mencionados. El indicador evaluado en esta categoría es el de satisfacción para los obreros, técnicos y administrativos respecto a sus condiciones laborales para identificar cuanto porcentaje de ellos están complacidos con la empresa contratante.

Para obtener el porcentaje de esta categoría, se debe realizar la encuesta a cada una de las personas dependiendo de su población. Después de obtener la información se entrega el promedio por cada una de las poblaciones.

A continuación en los formatos 2, 3 y 4 se exponen las distintas formas de medición de satisfacción del personal.

6.2.2.2.1.1. *Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal obrero*

MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO EN
LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL OBRERO

REPORTAJE DE BENCHMARKING

Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL

PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE
REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Gustavo Alberto Ruiz Escobar
Eblynh Juliana Méndez Londoño

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nombre de la Empresa en Estudio: _____

Nombre de la Empresa donde pertenece: _____

Encuestador: _____

Cargo Encuestado: _____

Nombre del Proyecto: _____

Medición de Satisfacción del Personal Obrero donde:

10 = Muy Satisfecho

8 = Satisfecho

5/6 = Ni Satisfecho, ni Insatisfecho

3 = Insatisfecho

1 = Muy Insatisfecho

**Usando una escala de 0 a 10 responda las siguientes
preguntas**

¿Cuánta Influencia cree usted que tiene en su trabajo?
(Participación u Opinión):

= _____

¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted
trabaja?

= _____

¿En cuánto calificaría el Ambiente laboral donde usted
trabaja?

= _____

¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus
superiores?

= _____

Comentarios:

Formato 2. Medición de satisfacción del personal obrero

6.2.2.2.1.2. *Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal administrativo*

MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO EN
LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL
ADMINISTRATIVO

REPORTAJE DE BENCHMARKING

Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL

PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE
REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Gustavo Alberto Ruiz Escobar
Eblynh Juliana Méndez Londoño

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nombre de la Empresa en Estudio: _____

Nombre de la Empresa donde pertenece: _____

Encuestador: _____

Cargo Encuestado: _____

Nombre del Proyecto: _____

Medición de Satisfacción del Personal Administrativo donde:

10 = Muy Satisfecho

8 = Satisfecho

5/6 = Ni Satisfecho, ni Insatisfecho

3 = Insatisfecho

1 = Muy Insatisfecho

Usando una escala de 0 a 10 responda las siguientes
preguntas

¿Cuánta Influencia cree usted que tiene en su trabajo?
(Participación u Opinión):

= _____

¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted
trabaja?

= _____

¿En cuánto calificaría el Ambiente laboral donde usted
trabaja?

= _____

¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus
superiores?

= _____

Comentarios:

Formato 3. Medición de satisfacción del personal administrativo

6.2.2.2.1.3. *Medición de indicadores de rendimiento en la satisfacción del personal técnico*

MEDICIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO EN LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO

REPORTAJE DE BENCHMARKING

Toda la Información escrita en el documento es CONFIDENCIAL

PROYECTO DE GRADO: VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Gustavo Alberto Ruiz Escobar
Eblynh Juliana Méndez Londoño

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nombre de la Empresa en Estudio: _____

Nombre de la Empresa donde pertenece: _____

Encuestador: _____

Cargo Encuestado: _____

Nombre del Proyecto: _____

Medición de Satisfacción del Personal Técnico donde:

10 = Muy Satisfecho

8 = Satisfecho

5/6 = Ni Satisfecho, ni Insatisfecho

3 = Insatisfecho

1 = Muy Insatisfecho

Usando una escala de 0 a 10 responda las siguientes preguntas

¿Cuánta Influencia cree usted que tiene en su trabajo?
(Participación u Opinión):

= _____

¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted trabaja?

= _____

¿En cuánto calificaría el Ambiente laboral donde usted trabaja?

= _____

¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus superiores?

= _____

Comentarios:

Formato 4. Medición de satisfacción del personal técnico

6.2.2.3. Formato único de muestreo de trabajo, basado en la filosofía de Lean Construction y Bench-Colombia

6.2.2.3.1. Categoría de Productividad

Se mide mediante un formato único de muestreo de trabajo, basado en la filosofía de lean construction propuesta por Luis Fernando Botero Botero en Bench-Colombia. Distribuyendo los tiempos en productivos, contributivos y no contributivos, usando un análisis estadístico de muestreo aleatorio simple para definir a qué trabajadores se les aplicará la prueba para realizar la recopilación de datos. Esta medición debe ser ejecutada necesariamente en obra teniendo en cuenta las herramientas y el conocimiento adecuado para obtener la confiabilidad óptima de los resultados. Esta medición deberá ser hecha exactamente dentro del lapso de tiempo del porcentaje de avance de obra en un solo día.

6.2.2.3.1.1. Método Estadístico

Partiendo que la población en estudio la constituyen los periodos de 5 minutos durante el horario laboral de un día, se plantea que si una jornada en el día tiene 8 horas, se tendrá un total de 96 periodos de 5 minutos máximo.

$[(8 \text{ horas} * 60 \text{ minutos/hora}) / 5 \text{ minutos}] = 96$ periodos de 5 minutos. Se toma este valor como el número total que conforma la población = N

Se plantea el criterio de homogeneidad queriendo resaltar que las 96 mediciones por periodos de 5 minutos serán usadas el mismo día, en la misma obra y sin presentar características diferentes en su implementación.

El tamaño de la muestra se toma de la siguiente expresión¹⁴.

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 * p * q$$
$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n_0 = Cantidad teórica

n = Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida, o de los estratos asumidos en la población

N = Número total de elementos que conforman la población, o numero de estratos totales de la población

Z = Grado de confiabilidad de la muestra calculada

E = Error asumido en el cálculo, desde 1% hasta 10%

q = Probabilidad de la población que NO presenta características.

p = Probabilidad de la población que presenta las características. ($p = 1 - q$)

6.2.2.3.1.1.1. Cálculo de población del indicador

Se asume los siguientes valores para generar el tamaño de la muestra:

$Z = 1.96$ (representa un nivel de confianza del 95%)

$E = 0.05$

$q = 0.05$

$p = (p = 1 - 0.05) = 0.95$

N = equivale a los 96 periodos de 5 minutos expresadas anteriormente

¹⁴ TRIOLA, Mario F. Estadística Elemental. Addison Wesley Logman, ed 7. Mexico. 2000.

Entonces al aplicar las ecuaciones n_0 y n , se obtiene:

$$n_0 = (1.96 / 0.05)^2 \times 0.95 \times 0.05 = 72.99$$

$$n = 72.99 / [1 + (72.99 / 96)] = 41.46 \approx 41 \text{ "mediciones"}$$

6.2.2.3.1.1.2. Hoja de cálculo para muestreo aleatorio simple en Microsoft Excel

Para determinar a quienes se les aplica la prueba se implementa el muestreo aleatorio simple usando como herramienta Microsoft Excel. Los pasos para el desarrollo de la hoja de cálculo se muestran en las ilustraciones 7,8,9,10,11 y 12

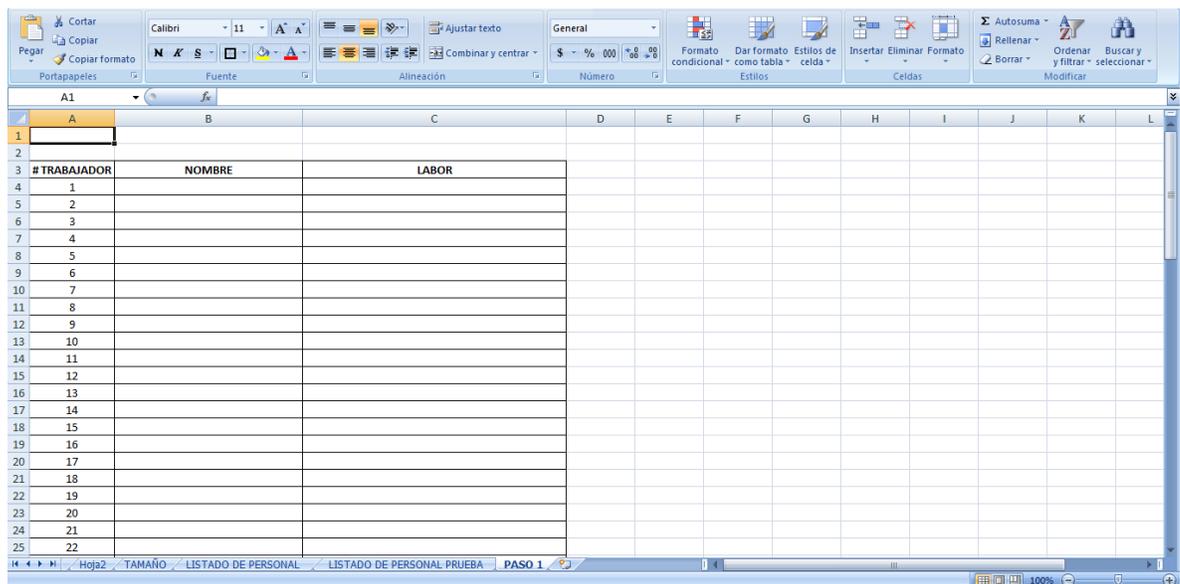


Ilustración 7. Paso 1-Muestreo Aleatorio Simple

Se crea una tabla que contenga 3 columnas nombradas: # trabajador, Nombre y labor. Esta lista de diligencia antes de iniciar con las labores del día de la obra, en la medida que vayan llegando los trabajadores a la jornada laboral.

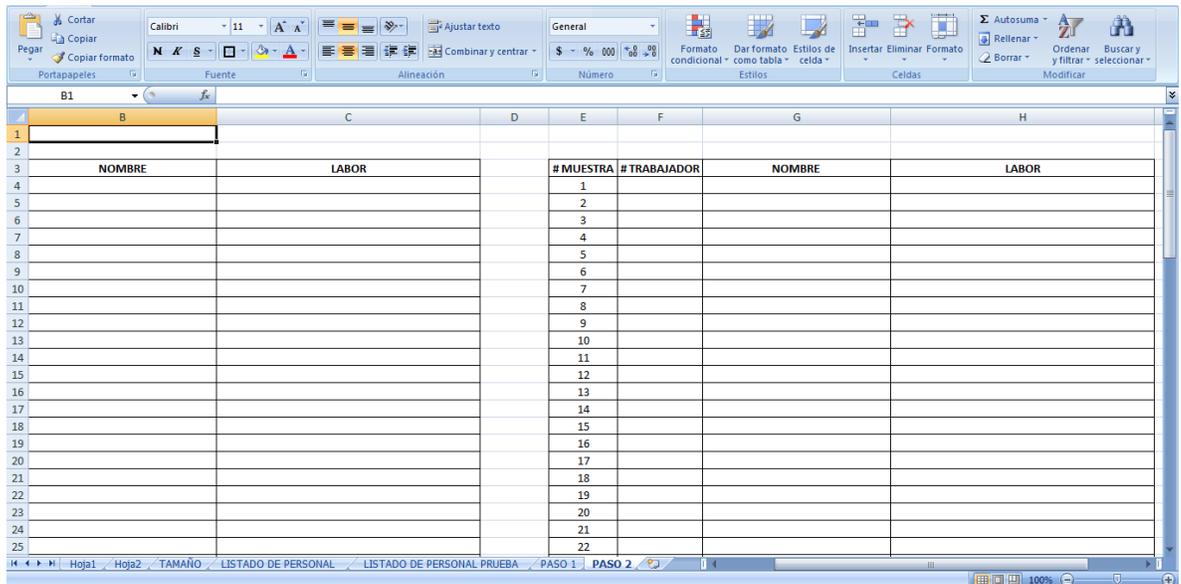


Ilustración 8. Paso 2-Muestreo Aleatorio Simple

Al lado derecho se crea otra tabla a la derecha con 4 columnas que indiquen: # muestra, # trabajador, nombre y labor de tal manera que en esta tabla se entregue el resultado del muestreo aleatorio simple.

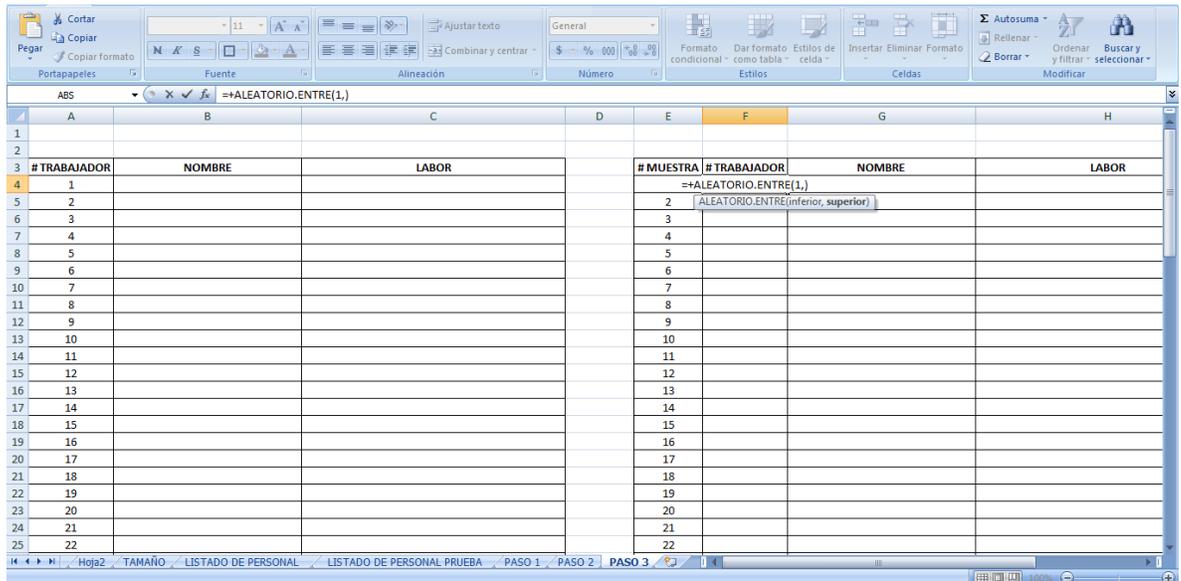


Ilustración 9. Paso 3-Muestreo Aleatorio Simple

En la tabla de la derecha, se enumera desde el 1 hasta el tamaño de la muestra con el 95% de confiabilidad en la columna # muestra. En la columna # trabajador, hay que dirigirse a la casilla correspondiente a la # muestra 1 y se inserta:

= ALEATORIO.ENTRE (1, [tamaño de la muestra con el 95% de confiabilidad]) y se desplaza esta fórmula hacia abajo hasta llegar al último # muestra.

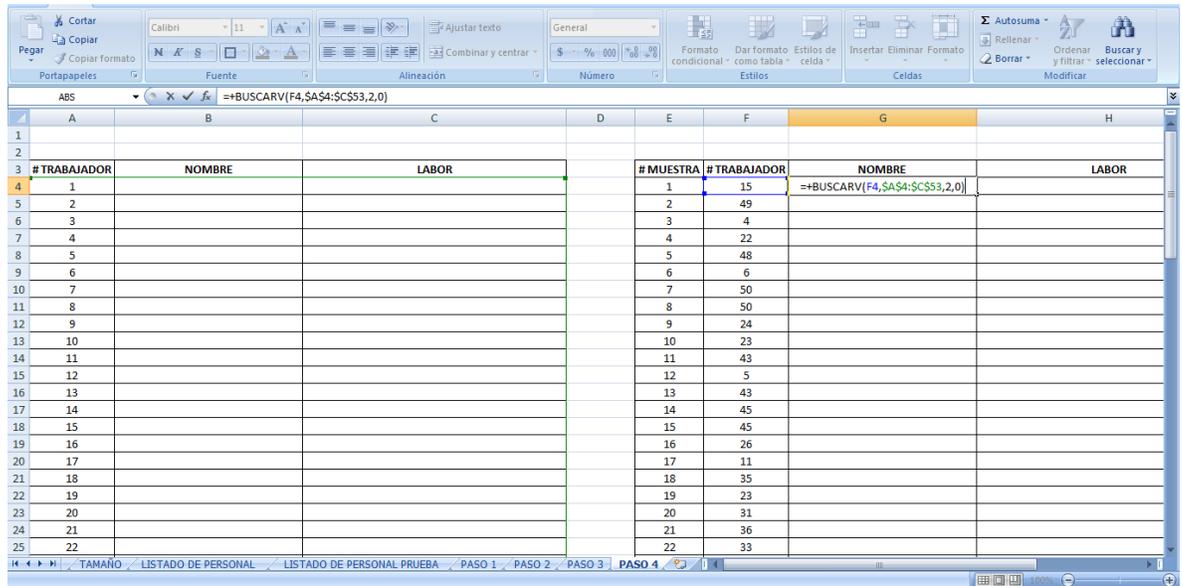


Ilustración 10. Paso 4-Muestreo Aleatorio Simple

Se elige en la tabla de la derecha, la columna nombre, donde se debe posicionar en # muestra 1 insertando una búsqueda vertical para que los nombre digitados inicialmente en la tabla de la izquierda, coincidan con el numero aleatorio que se escogerá la herramienta de muestreo aleatorio. Se inserta en esta casilla:

=BUSCARV([# trabajador], [matriz que se ubica en la tabla de la izquierda, que inicia desde el primer número de la columna # trabajador, hasta la última casilla de la columna labor, a esta matriz se le debe asegurar con F4], [se escoge la columna que se quiere buscar dentro de la matriz, en el caso de nombre seria 2], [0 por defecto]).

	B	C	D	E	F	G	H
1							
2							
3							
4				# MUESTRA	# TRABAJADOR	NOMBRE	LABOR
5				1	5	0	=BUSCARV(F4,\$A\$4:\$C\$53,3,0)
6				2	8	0	
7				3	8	0	
8				4	40	0	
9				5	48	0	
10				6	12	0	
11				7	43	0	
12				8	38	0	
13				9	1	0	
14				10	11	0	
15				11	17	0	
16				12	35	0	
17				13	3	0	
18				14	7	0	
19				15	10	0	
20				16	40	0	
21				17	33	0	
22				18	37	0	
23				19	44	0	
24				20	21	0	
25				21	19	0	
				22	34	0	

Ilustración 11. Paso 5-Muestreo Aleatorio Simple

Se repite el procedimiento anterior pero ahora teniendo en cuenta que la columna donde se aplicará la búsqueda vertical es labor, que en consecuencia sería la columna 3 de la matriz.

	NOMBRE	LABOR	# MUESTRA	# TRABAJADOR	NOMBRE	LABOR
1			1	13	0	0
2			2	44	0	0
3			3	43	0	0
4			4	31	0	0
5			5	2	0	0
6			6	43	0	0
7			7	14	0	0
8			8	43	0	0
9			9	13	0	0
10			10	1	0	0
11			11	7	0	0
12			12	13	0	0
13			13	13	0	0
14			14	33	0	0
15			15	33	0	0
16			16	32	0	0
17			17	14	0	0
18			18	27	0	0
19			19	5	0	0
20			20	47	0	0
21			21	37	0	0
22			22	47	0	0

Ilustración 12. Paso 6-Muestreo Aleatorio Simple

En este momento se tiene un sistema de muestreo aleatorio simple que dirá a qué trabajadores se les aplicara las mediciones correspondientes.

6.2.2.3.1.2. Herramientas

- Sistema de muestreo aleatorio simple
- Papel numerado con cinta
- Cronómetro
- Lápiz o Lapicero
- Formato único de muestro de trabajo (formato 5)

- Se debe ubicar en un sitio estratégico donde se pueda observar el sitio de trabajo de las actividades a medir.
- Se toma el orden establecido en el sistema de muestreo aleatorio simple, identificando al trabajador seleccionado, mediante el número asignado.
- Se verifica que el cronómetro se encuentre en “ceros” y comienza a cronometrar.
- Cada vez que el trabajador cambie de acción, se toma el tiempo en la casilla de “final de conteo” donde se hizo el cambio de acción con el tiempo parcial¹⁵ del cronómetro, se anota en la casilla de observaciones la actividad que comenzó hacer y así sucesivamente.
- Se detiene el cronómetro a los 5 minutos.
- Se comienza a medir nuevamente siguiendo el orden del sistema de muestreo aleatorio simple.

La unidad de tiempo de la medición será segundos.

Cuando se vaya a organizar las mediciones, es necesario aclarar que cada observación, encaje en los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, de tal manera de que se pueda clasificar cada una de las mediciones e ingresarlas en las casillas correspondientes.

¹⁵ El tiempo parcial muestra el tiempo exacto donde se oprimió, pero el tiempo real sigue cronometrándose para no perder el conteo.

6.2.2.3.1.4. Análisis

Después de la recopilación de los datos por las categorías de tiempo propuestas por Luis Fernando Botero; se realiza el análisis de los resultados haciendo una modificación importante, donde los tiempos productivos y contributivos se suman para que sólo exista diferencia entre lo que se trabaja y las pérdidas denominadas en la medición como tiempos NO Contributivos. Esta modificación se contempla ya que la medición se hace en un lapso de tiempo corto, donde las actividades pueden ser sólo contributivas o viceversa. El diagnóstico se enfoca en el porcentaje de los tiempos no contributivos para entregar recomendaciones de mejoramiento de los tiempos perdidos.

6.2.3. ANALISIS DE LOS DATOS

En el análisis de los datos se reúne la información y se comienza a relacionar los resultados para evaluar los factores importantes vistos en la obra. Aquí se evalúa el proyecto consolidando un diagnóstico de cada uno de los indicadores de rendimiento, entregando un informe del estado de rendimiento en cada una de las categorías, junto a un anexo de recomendaciones para mejorar los rendimientos en futuros proyectos.

7. RESULTADO DEL SISTEMA DE REFERENCIACIÓN

7.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN

7.1.1. Caracterización de la Empresa

La firma fue constituida como Sociedad Limitada el 5 de Febrero de 1996. Esta empresa que se orienta hacia la prestación de servicios de diseño y construcción de obras civiles tanto propias como contratadas, edificaciones, obras de infraestructura vial y alquiler de maquinaria y equipos, pudiendo satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, cumpliendo con sus requisitos, legales y reglamentarios.

Esta constructora busca permanentemente la mejora continua, basándose en un sistema de gestión de calidad que los lleva a lograr mayor eficacia en los procesos de la organización y con ello incrementar los índices de crecimiento y calidad, ofreciéndole así a los clientes, más y mejores servicios.

Para cumplir con eso, la empresa implementó un sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 9001:2000, buscando mejorar los estándares de calidad y crecimiento de la empresa en el entorno.

La empresa se encarga de diseño y construcción de viviendas de interés social, obras de urbanismo, edificaciones, casas fiscales, alojamientos y casinos, aulas escolares, laboratorios, obras de arte, movimiento de tierra, construcción y reparación de vías, alcantarillados, redes hidráulicas, obras de geotecnia, saneamiento básico, estructuras metálicas, suministro de mano de obra, alquiler de maquinaria y equipo.

7.1.2. Caracterización de la Obra

La obra en donde se hace la medición es de construcción de una edificación de 12 pisos para vivienda con 665.20 m² de lote y un área construida de 5279.61m². Se encuentra en un estrato 3, entregando apartamentos de área de 57.87m² con un solo baño. El sistema constructivo es basado en muros estructurales y placas aligeradas profundizando más sus especificaciones a continuación.

7.1.2.1. Especificaciones generales de los apartamentos

- **Estructura**

Cimientos:

Zapatas, Vigas de amarre y muros de contención en concreto reforzado, diseñadas y construidas según el Código Colombiano de construcciones Sismo resistentes NSR-98. Bajo la supervisión de ingenieros especialistas en cálculos estructurales, verificadas y aprobadas por los entes de control.

Placas y muros

El sistema estructural de los apartamentos comprende muros cargueros estructurales y placas en concreto reforzado fundidos en sitio con el sistema tipo túnel, y de acuerdo a los detalles indicados en el diseño estructural aprobado según normas (Código Colombiano de construcciones Sismo resistentes NSR-98)

Cubiertas

Las cubiertas de cada torre serán construidas en placa inclinada, en concreto reforzado, impermeabilizado, de acuerdo con los detalles indicados en el diseño estructural, aprobados según normas (Código colombiano de construcciones sismo resistentes NSR 98)

- **Redes de alcantarillado**

Redes de desagües internas

Se construirán redes en tubería PVC con sus respectivos accesorios, cajas de inspección, en algunas partes la tubería será descolgada en los sótanos y apartamentos, con sus soportes metálicos, teniendo en cuenta los diseños aprobados. Las tuberías que comunican a los apartamentos, se instalarán dentro de los ductos diseñados en los planos arquitectónicos.

- **Mampostería**

Mampostería H7

Los muros divisorios de baño y antepechos de ventana los cuales se identifican en los planos se construirán en bloque de arcilla H7 y se pegarán con mezcla como lo exige la norma.

Divisiones en drywall

La división de la alcoba adyacente a la sala se construirá en drywall, como se muestra en el apartamento modelo, esto con el fin de facilitar reformas posteriores.

- **Instalaciones eléctricas**

Acometidas externas

Se construirá de acuerdo con las normas exigidas por la Electrificadora de Santander en cuanto se refiere a Conjuntos Cerrados, cumpliendo con las normas del RETIE y que deben ser aprobadas por el certificador cumpliendo con las normas establecidas. Esto también incluye su respectiva matrícula.

Instalaciones internas de apartamentos

Se instalarán de acuerdo a la distribución que se aprecia en el apartamento modelo y que debe cumplir con las normas establecidas para ser aprobado por el certificador.

Redes de comunicación:

Para las redes de comunicación como son líneas telefónicas, antenas de televisión únicamente se entregarán las ducterías.

- **Instalaciones hidráulicas**

Redes externas e internas de apartamentos

Se instalarán de acuerdo a los planos aprobados por el acueducto metropolitano de Bucaramanga, con las cajas de contador en cada acceso al apartamento y se entregarán los puntos de la misma manera como se observan en el apartamento modelo, es decir no habrá punto de tubería CPVC, para solución del agua caliente se instalara un punto eléctrico en la parte superior de la ducha, para quien desee instalar una ducha eléctrica. Esto incluye la matricula con la caja y el contador correspondiente.

- **Pañetes**

Se pañetaran todos los muros en bloque de arcilla, se le harán las respectivas dilataciones en todas las juntas con los muros estructurales. Los muros ni las placas en concreto se pañetaran por ser concreto a la vista, el estuco y pintura se le instalaran directamente.

- **Alfajías**

En la parte inferior de las ventanas se construirán unas alfajías en concreto reforzado a la vista. Como se pueden apreciar en el apartamento modelo.

- **Acabados metálicos**

Puerta principal

Se construirá en lámina calibre 20 con su respectiva chapa con el mismo diseño pintada en esmalte de color gris, como se encuentra en el apartamento modelo.

Puertas de ducha y sanitario

Se construirá en marco de aluminio de abrir con sus respectivos goznes entamboradas en acrílico de la misma manera como se encuentra en el apartamento modelo.

Pasamanos metálicos de la sala

Se construirá con el mismo diseño que se encuentra en el apartamento modelo y pintada en esmalte color gris.

Ventanas

Serán todas en ventana de corredera en aluminio calibre con sus respectivos cauchos y seguros, embonadas en silicona para evitar las humedades y con vidrio transparente de 3 mm del mismo diseño como se encuentran en el apartamento modelo.

• **Redes De Gas**

Las redes se ubicaran externas e internas con todas las isométricas y las normas exigidas por la empresa prestadora del servicio, en estas redes se incluye la respectiva matricula.

• **Enchape Muros**

Se enchapara en loza blanca 20*20 similar y con las mismas cantidades que se encuentra instaladas en el apartamento modelo. Esto incluye el mesón en concreto reforzado de la cocina.

• **Enchape Pisos**

Se instalara un mortero de 2cms de espesor, con sus respectivas pendientes hacia los desagües, sobre este se pegara una losa igual o similar a la que se encuentra instalada en el apartamento modelo, lo mismo que la guarda escoba.

- **Instalación de aparatos hidráulicos, sanitarios y eléctricos**

Aparatos hidráulicos

Se instalaran de acuerdo con las mismas características y normas como se encuentran en el apartamento modelo.

Aparatos sanitarios

Se instalaran en la misma referencia o similar como se encuentran en el apartamento modelo, tales como: sanitarios, lavamanos, lavaplatos, lavadero y rejillas.

Aparatos eléctricos

Todos los aparatos eléctricos tales como: plafones, apagadores, interruptores y aparatos de zona húmeda serán de las mismas cantidades y características de los que se encuentran en el apartamento modelo.

Estuco y pintura

Se estucaran todos los muros internos que no van enchapados con una mezcla de yeso, caolín y cemento y como acabado final dos manos de pintura blanca tipo tres, es decir cómo se puede apreciar en el apartamento modelo.

- **Carpintería de madera**

De los trabajos en madera solamente se incluye la barra del comedor de confianza, es decir los muebles decorativos que se encuentran en el apartamento modelo como son: puerta de madera del baño, mueble en madera superior e

inferior de la cocina o algún otro que se encuentran en el apartamento modelo no están incluidos.

7.1.2.2. Especificaciones zonas comunes

- **Estructura**

La estructura de todo el punto fijo tanto como vigas, columnas, escaleras, placas, se construirá en concreto a la vista.

Pisos

Los pisos de acceso a los apartamentos incluyendo escaleras se construirán en concreto afinado con minerales de color, como se aprecia en el apartamento modelo.

Pintura

Los acabados de pintura o graniplast se aplicaran directamente sobre el concreto a la vista.

- **Fachadas**

Principal y posterior

Las fachadas principales y posteriores se pañetaran con mortero impermeabilizado y su acabado será con pintura tipo exteriores o graniplast.

Culatas

Las culatas se le aplicaran un hidrófugo y posteriormente el acabado en graniplast o pintura tipo intemperie.

- **Redes zonas comunes**

Redes externas sanitarias

Los desagües se conectarán a las redes principales en tubería PVC, y con los respectivos pozos y cajas de acuerdo con el diseño aprobado por los entes de control correspondientes.

Redes hidráulicas

Se construirán en tuberías de PVC, tipo pesado con su respectivo tanque de almacenamiento y equipos de bombeo, aprobados por La Empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Redes eléctricas

Se construirá de acuerdo con las normas exigidas por la Electrificadora de Santander para lo que se refiere a Conjuntos Cerrados, es decir cumpliendo con las normas del RETIE y que deben ser aprobadas por el certificador.

Redes telefónicas

Estas redes se entregaran cableadas hasta el street telefónico.

Planta eléctrica

Será una planta diesel que cumpla con las especificaciones exigidas por los entes correspondientes y de acuerdo al diseño suministrado por el ingeniero electricista y que cumpla con la normatividad de medio ambiente.

- **Zona social**

Salón social

Los muros serán en mampostería estructural y cubierta en madera y teja. Los acabados de los muros serán en estuco o graniplast sobre el pañete.

Los pisos serán en loza en cerámica de 30 * 30 o similar. Los baños serán enchapados en loza blanca de 20*20.

Zonas húmedas

Los pisos y escaleras serán en tableta de gres de 10*25 o similar con cenefa en gravilla lavada

Piscina

La piscina se construirá de acuerdo al diseño arquitectónico cumpliendo con las normas establecidas en lo que se refiere a piscinas en conjunto cerrados.

Portería

La portería se entregara con un mesón para recepción en concreto a la vista, no se incluirán muebles en madera, estarán incluidos la consola y los citófonos.

La puerta de acceso principal se construirá en aluminio con cantonera eléctrica.

El portón de acceso al parqueadero será en aluminio con motor eléctrico.

Terrazas

Las terrazas se entregaran en cemento afinado con mineral a color.

7.2. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS

Los datos fueron recopilados mediante los 5 formatos del sistema de referenciación con indicadores de rendimiento. A continuación se publican los resultados y su respectivo análisis.

7.2.1. Categoría Avance de Obra

$$\frac{\text{Duración Actual (días)}}{\text{Duración Total de la Obra (días)}} \times 100\% = \frac{256}{396} \times 100\% = 64.65\%$$

Teniendo en cuenta que la obra se inició el día 01 de julio de 2011 y el muestreo con el sistema de referenciación se implementó el día 12 de marzo de 2012. Se obtiene el avance de obra del 64.65% basados en este porcentaje como referencia base del muestreo. Las actividades ejecutadas en 64.65% de avance de obra se pueden observar en la tabla 5.

ACTIVIDADES EJECUTADAS EN EL 64.65% DE AVANCE DE OBRA
Mampostería y Friso
Formaleteado
Armado de hierro
Plomería
Sistema eléctrico
Casetón

Tabla 5. Actividades ejecutadas en el 64.65% de avance de obra

7.2.2. Categoría Costo

$$\frac{\text{Costo Actual (\$)}}{\text{Costo Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \frac{\$1.291.332.897}{\$3.565.668.297} = 36.22\%$$

En el 64.65% del avance de la obra se ha usado el 36.22% del capital presupuestado en la obra. De los 12 pisos, hace falta fundir 5 de ellos, colocar mampostería desde el quinto piso, frisar desde el segundo y trabajar en los acabados en la totalidad de la estructura. Esto justifica el bajo porcentaje de costo de la obra.

Aunque la programación de las actividades este cumpliendo a la orden del día, se está recargando las actividades hacia el final de la obra, lo que puede producir retrasos por la superpoblación que se presentara al final y sobrecostos por el aumento de mano de obra.

7.2.3. Categoría Endeudamiento

$$\frac{\text{Presupuesto Financiado (\$)}}{\text{Presupuesto Total del Proyecto (\$)}} \times 100 = \frac{\$1.331.000.000}{\$5.644.580.735} = 23.58\%$$

El factor de endeudamiento es del 23.58%, un valor bajo para la magnitud de la obra. Efectivamente la inversión del proyecto se hace con capital propio de la empresa, lo cual genera un ahorro significativo en gastos financieros, ya que el 76.42% se encuentran exentos de intereses bancarios. A continuación en la figura 2 se muestra el resultado de la categoría de endeudamiento

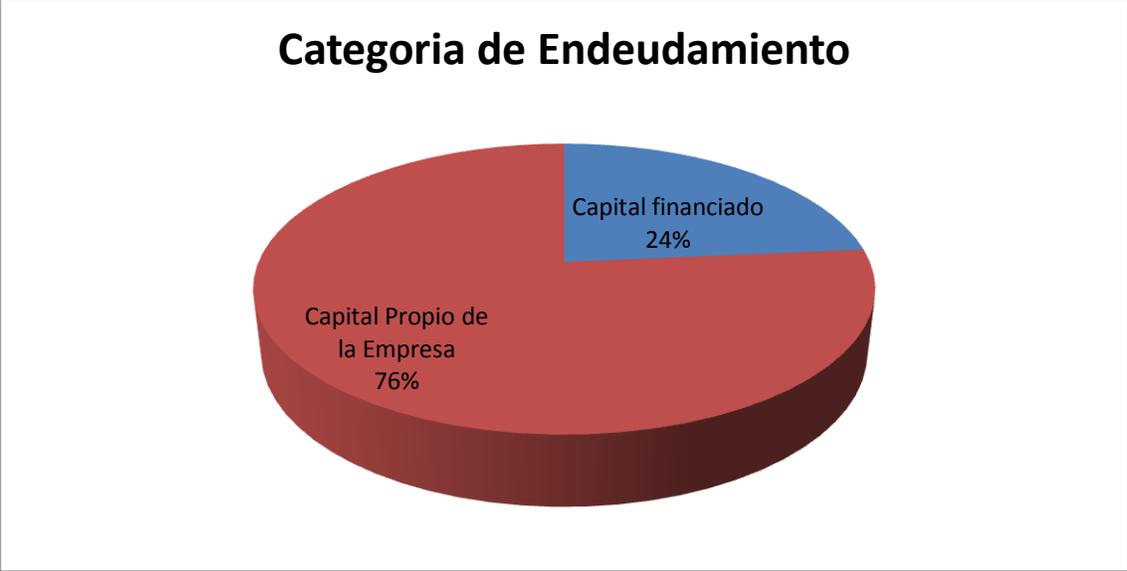


Figura 2. Categoría de Endeudamiento

7.2.4. Categoría Subcontratación

$$\frac{\text{Personal Subcontratado}}{\text{Total del Personal}} \times 100 = \frac{55}{70} \times 100 = 78.57\%$$

En el 64.65% del avance de obra se obtuvo que el personal subcontratado es del 78.57%. Se evidencia que el 100% del personal obrero dentro del proyecto es subcontratado, a diferencia de ello, el personal técnico y administrativo que se encargan de la supervisión y administración del proyecto son directamente contratados por la empresa constructora. En las figura 3 y 4 se muestran los porcentajes de acuerdo a la contratación del personal y el desglose por actividad del contratista respectivamente



Figura 3. Contratación del personal



Figura 4. Desglose de la contratación del personal por actividades del contratante

Al tener todo el personal obrero subcontratado, no se prevé el hacinamiento o superpoblación máxima del proyecto, lo que nos puede perjudicar el rendimiento, y más si en un momento dado, se necesitan realizar múltiples actividades como lo previsto en la etapa final de esta obra.

7.2.5. Categoría Programación

$$\frac{\#Actividades\ Completadas}{\#Actividades\ Programadas} \times 100 = \frac{37}{38} \times 100 = 97,37\%$$

Se obtuvo un 97,37% de la actividades completadas en el 64.65% del avance de obra, lo que refleja el cumplimiento de la programación. Se encontró que este indicador no tiene gran efectividad ya que las actividades pueden ser múltiples o de periodos extensos lo que dificulta obtenerlas con exactitud las actividades, generando errores en el resultado del indicador.

$$\frac{Presupuesto\ Actual\ (\$)}{Presupuesto\ Programado\ (\$)} \times 100 = \frac{2.035.784.163}{2.044.226.267} \times 100 = 99,59\%$$

Teniendo en cuenta que en esta compañía los presupuestos se obtienen por cortes al finalizar el mes, no se pudo hallar la medición exacta en el 64.65% del avance de obra, de esta manera los datos se tomaron a partir del 1 de marzo de 2012 con el 61.62% de avance. El presupuesto actual de esta medición fue del 99,59% destacando que el manejo de los gastos ha sido muy bien administrado.

7.2.6. Categoría Seguridad

$$\frac{\#Accidentes\ Reportados}{Total\ del\ Personal\ dentro\ de\ la\ Obra} \times 100 = \frac{1}{58} \times 100 = 1.72\%$$

Pasados 256 días desde el inicio de la obra, fue reportado un accidente, lo que muestra una tasa de accidentalidad del 1.72%, esta tasa se considera baja teniendo en cuenta los riesgos que esta obra conlleva. Aunque se vea reflejado en este indicador un bajo porcentaje de accidentalidad, se indagó que la obra presenta falencias de seguridad, ya que algunos trabajadores evaden las indicaciones de protección al no utilizar el casco; por otra parte la estructura presenta que los vacíos no están protegidos con barreras de seguridad, como se sustenta en la ilustración 13, lo que fácilmente puede originar un grave accidente si algún trabajador llegara a tropezar.



Ilustración 13. Estructura sin barandas de protección

7.2.7. Categoría de Recursos Humanos

En los resultados de acuerdo al nivel de satisfacción según las preguntas de la encuesta mostrada en la figura 5. Se demuestra que en el ítem “Influencia en su trabajo” se encuentra más satisfecho el personal técnico (100%) y menos satisfecho el personal administrativo (83.3%), en el ítem “Pagos y condiciones de trabajo” se encuentra más satisfecho el personal técnico (93.3%) y menos satisfecho el personal obrero (82.7%), en el ítem “Ambiente laboral” se encuentra más satisfecho el personal técnico (96.7%) y menos satisfecho el personal administrativo (80.8%), en el ultimo ítem “Respeto de superiores” se encuentra más satisfecho el personal administrativo (98.3) y menos satisfecho el personal obrero (87.5%).

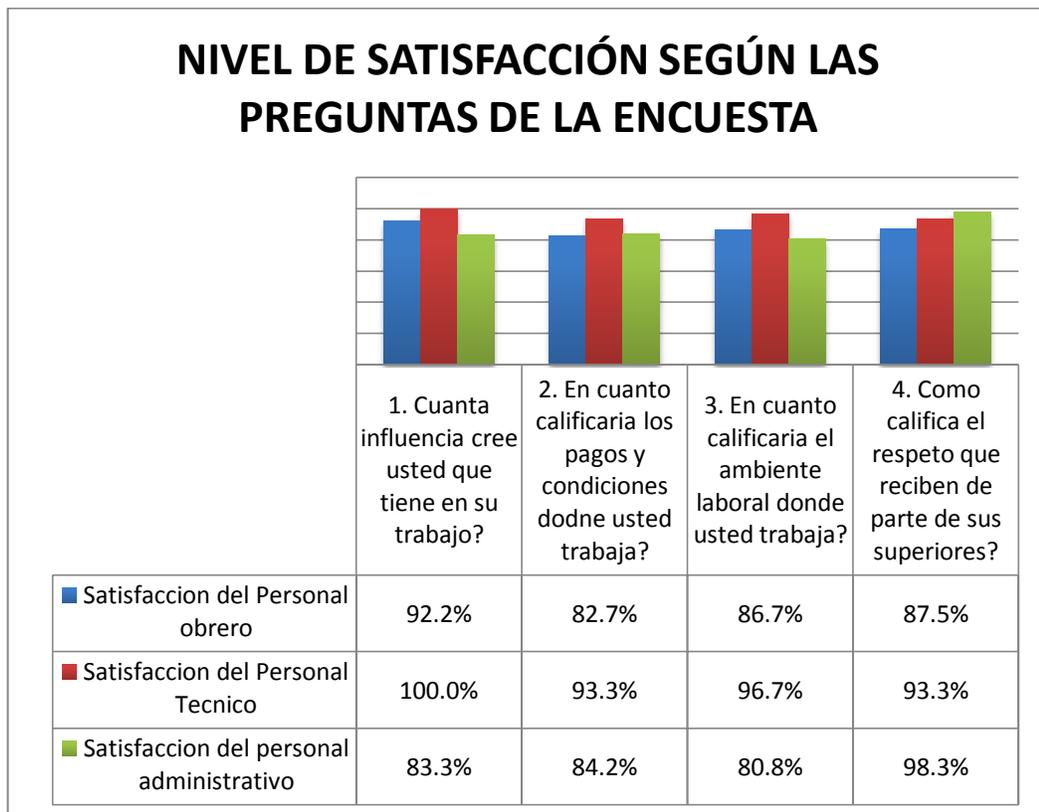


Figura 5. Nivel de Satisfacción según las preguntas de la encuesta

Teniendo en cuenta el nivel de satisfacción según las preguntas de la encuesta mostrada en la figura 5 y el nivel de satisfacción general según las poblaciones encuestadas representado en la figura 6, se puede decir que la población con mayor satisfacción laboral es el personal técnico (95.8%), seguido por el personal obrero (87.3%) y por último el personal administrativo (86.7%).

A pesar que se encuentran diferencia en los porcentajes de satisfacción entre ítems y poblaciones, se debe resaltar que en general el nivel de satisfacción fue alto, favoreciendo a la compañía, pues los trabajadores expresan estar a gusto, y esto se puede observar en el aporte que realizan en el desarrollo del proyecto. Por otra parte, analizando la población y los niveles de satisfacción, se puede inferir que el personal técnico el cual obtuvo el mayor porcentaje de satisfacción, tiene una mayor relación con el proyecto, ya que su trabajo está directamente relacionado con los resultados del mismo, obtienen una mejor remuneración y mayor independencia.

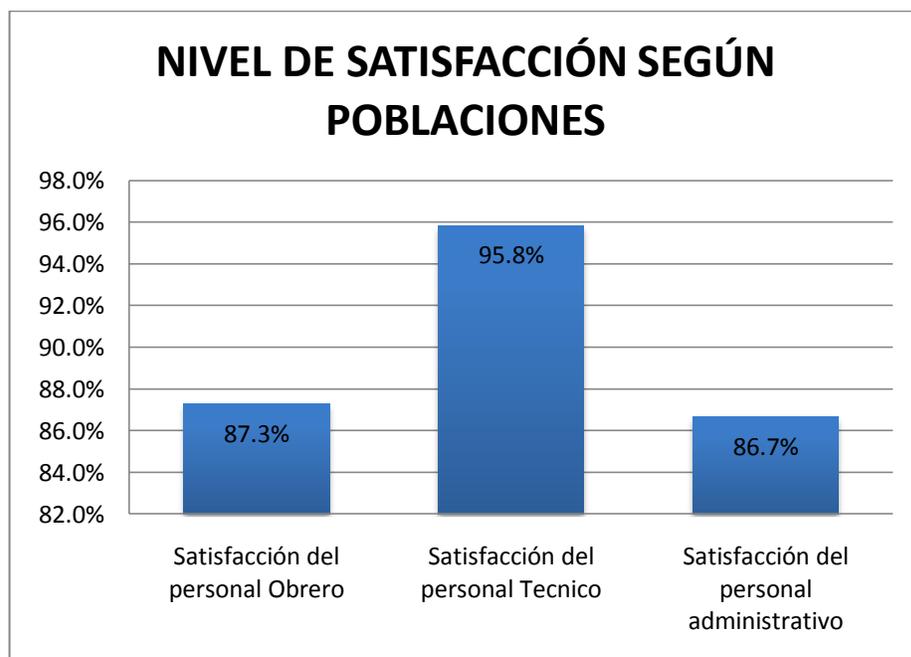


Figura 6. Nivel de satisfacción según Poblaciones

En la ilustración 14 se expone la implementación de la encuesta para el personal obrero



Ilustración 14. Implementación de encuesta para el personal obrero

7.2.7.1. Personal Obrero

En la tabla 6 se puede observar que la satisfacción del personal obrero en general es del 87.3% considerándose como un alto porcentaje de satisfacción. El ítem que arrojó un mayor porcentaje fue el de “Influencia en su trabajo” con un 92.2% y el ítem que arrojó un menor porcentaje fue “Pagos y condiciones de trabajo” con un 82.7%, sin embargo estos porcentajes evidencian que el personal obrero se encuentra a gusto con su trabajo.

PREGUNTAS	PROMEDIO
1. ¿Cuánta influencia cree usted que tiene en su trabajo?	92.2%
2. ¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted trabaja?	82.7%
3. ¿En cuánto calificaría el ambiente laboral donde usted trabaja?	86.7%
4. ¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus superiores?	87.5%
Satisfacción del personal obrero	87.3%
Personal obrero encuestado	55

Tabla 6. Satisfacción del personal Obrero

7.2.7.2. Personal técnico

En la tabla 7 se evidencia que la satisfacción del personal técnico en general es del 95.8% considerándose como un muy alto porcentaje de satisfacción. El ítem que arrojo un mayor porcentaje fue el de “Influencia en su trabajo” con un 100% y el ítem que arrojo un menor porcentaje fue “Pagos y condiciones de trabajo” junto con “Respeto de superiores” con un 93.3%, sin embargo estos altos porcentajes evidencian que el personal técnico se encuentra a muy satisfecho con su trabajo.

PREGUNTAS	PROMEDIO
1. ¿Cuánta influencia cree usted que tiene en su trabajo?	100%
2. ¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted trabaja?	93.3%
3. ¿En cuánto calificaría el ambiente laboral donde usted trabaja?	96.7%
4. ¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus superiores?	93.3%
Satisfacción del Personal Técnico	95.8%
Personal Técnico encuestado	3

Tabla 7.Satisfacción del personal técnico

7.2.7.3. Personal administrativo

En la tabla 8 se observa que la satisfacción del personal administrativo en general es del 86.7% considerándose como porcentaje elevado de satisfacción. El ítem que arrojó un mayor porcentaje fue el de “Respeto de Superiores” con un 98.3% y el ítem que arrojó un menor porcentaje fue “Ambiente laboral” con un 80.8%, sin embargo estos porcentajes siguen evidenciando que el personal administrativo se encuentra a gusto con su trabajo.

PREGUNTAS	PROMEDIO
1. ¿Cuánta influencia cree usted que tiene en su trabajo?	83.3%
2. ¿En cuánto calificaría los pagos y condiciones donde usted trabaja?	84.2%
3. ¿En cuánto calificaría el ambiente laboral donde usted trabaja?	80.8%
4. ¿Cómo califica el respeto que reciben de parte de sus superiores?	98.3%
Satisfacción del personal administrativo	86.7%
Personal administrativo encuestado	12

Tabla 8. Satisfacción del personal Administrativo

7.2.8. Categoría de Productividad

7.2.8.1. Lista de asistencia

En la lista de asistencia que se presenta en la tabla 9, se tomó a los trabajadores el nombre con su respectiva labor, a medida que iban llegando a la obra, asignándole un número como identificación.

#	NOMBRE	LABOR
1	Sergio Ardila	Plomería
2	Orlando Cárdenas	Estructura
3	Iván Darío Hernández	Mampostería y Friso
4	Hilder Pineda	Estructura

5	Wilmar Zarate	Hierro
6	Ernesto López	Mampostería y Friso
7	Pedro Granados	Estructura
8	Hipólito Castro	Estructura
9	Janer Rodríguez	Estructura
10	Rubén Domínguez	Estructura
11	Luis Rondón	Estructura
12	Andrés Cadena	Estructura
13	José Espindola	Estructura
14	Rodolfo Chamorro	Hierro
15	José Luis Villamizar	Casetón
16	Andrés Ordoñez	Hierro
17	José Eliecer Vásquez	Pintura y Estuco
18	Fabio Guío	Estructura
19	Cesar Julio Jiménez	Mampostería y Friso
20	Jeison Lizcano	Casetón
21	Jorge Mateus	Mampostería y Friso
22	Jhon Freddy Camargo	Mampostería y Friso
23	Daniel Alonso Serrano	Eléctrico
24	Diego León Monsalve	Mampostería y Friso
25	Luis Alfredo Blanco	Mampostería y Friso
26	Alberto Palomino	Mampostería y Friso
27	Diego Fernando Duran	Mampostería y Friso
28	Luis Danny Carrillo	Mampostería y Friso
29	Iván Villamizar	Mampostería y Friso
30	Armando Guerrero	Eléctrico
31	Jaime Fuentes	Estructura
32	José Del Carmen Vargas	Hierro
33	Gabriel Vargas	Estructura
34	José Elber Barrera	Hierro
35	Edwin Guevara	Mampostería y Friso
36	Humberto Beltrán	Estructura
37	Jonathan Velosa	Eléctrico
38	Juvenal Chacón	Hierro
39	Omar Meneses	Plomería
40	José Manuel Vásquez	Pintura y Estuco
41	Edgar Sánchez	Eléctrico
42	Jhon Freddy Herrera	Plomería

43	Yesid Guerrero	Eléctrico
44	Danilson Cantillo	Mampostería y Friso
45	Juan Carlos Castillo	Plomería
46	Arnoldo Vargas	Hierro
47	Dilson Quintero	Estructura
48	Jorge Guevara	Mampostería y Friso
49	Janderley Otálora	Mampostería y Friso
50	Emiro Villamizar	Casetón
51	Pedro Nel Marín	Pintura y Estuco
52	Roniber Otálora	Mampostería y Friso
53	Yoneiber Barraza	Estructura
54	Cesar Augusto Hernández	Mampostería y Friso
55	Sammy Gil	Mampostería y Friso

Tabla 9. Lista de Asistencia

7.2.8.2. Orden de muestreo

Mediante la lista de asistencia se insertaron los datos en la hoja de cálculo para el **Muestreo Aleatorio Simple**. Una vez se colocó el último nombre, se especifico el orden de muestreo aleatoriamente; a partir de ello se realizó la medición de productividad. Es importante tener en cuenta que la columna # muestreo se copie y pegue en el mismo lugar con un pegado de valores para evitar que se vuelva a generar un muestreo aleatorio simple diferente. A continuación la tabla 10 presenta la lista de orden de muestreo.

# MUESTRA	# TRABAJADOR	NOMBRE	LABOR
1	49	Janderley Otálora	Mampostería y Friso
2	11	Luis Rondón	Estructura
3	47	Dilson Quintero	Estructura
4	12	Andrés Cadena	Estructura
5	22	Jhon Freddy Camargo	Mampostería y Friso
6	34	José Elber Barrera	Hierro
7	3	Iván Darío Hernández	Mampostería y Friso
8	5	Wilmar Zarate	Hierro
9	7	Pedro Granados	Estructura

10	2	Orlando Cárdenas	Estructura
11	1	Sergio Ardila	Plomería
12	10	Rubén Domínguez	Estructura
13	4	Hilder Pineda	Estructura
14	18	Fabio Guio	Estructura
15	28	Luis Danny Carrillo	Mampostería y Friso
16	19	Cesar Julio Jiménez	Mampostería y Friso
17	54	Cesar Augusto Hernández	Mampostería y Friso
18	13	José Espiándola	Estructura
19	45	Juan Carlos Castillo	Plomería
20	29	Iván Villamizar	Mampostería y Friso
21	31	Jaime Fuentes	Estructura
22	36	Humberto Beltrán	Estructura
23	24	Diego León Monsalve	Mampostería y Friso
24	38	Juvenal Chacón	Hierro
25	37	Jonathan Velosa	Eléctrico
26	43	Yesid Guerrero	Eléctrico
27	33	Gabriel Vargas	Estructura
28	32	José Del Carmen Vargas	Hierro
29	35	Edwin Guevara	Mampostería y Friso
30	23	Daniel Alonso Serrano	Eléctrico
31	15	José Luis Villamizar	Casetón
32	16	Andrés Ordoñez	Hierro
33	8	Hipólito Castro	Estructura
34	20	Jeison Lizcano	Casetón
35	48	Jorge Guevara	Mampostería y Friso
36	14	Rodolfo Chamorro	Hierro
37	26	Alberto Palomino	Mampostería y Friso
38	21	Jorge Mateus	Mampostería y Friso
39	50	Emiro Villamizar	Casetón
40	53	Yoneiber Barraza	Estructura
41	27	Diego Fernando duran	Mampostería y Friso

Tabla 10. Lista de Orden de Muestreo

7.2.8.3. Recopilación y organización de datos

En la ilustración 15 se evidencia el método de enumeración para el orden de las mediciones de los trabajadores.



Ilustración 15. Método de enumeración para el orden de las mediciones

Mediante el formato de muestreo de trabajo se recopila los tiempos de inicio y final de cada una de las acciones de los trabajadores mostrado en la ilustración 16. Después de realizar las 41 mediciones se ingresaron los datos a una hoja de cálculo donde se desglosaron los tiempos, convirtiéndolos en segundo y calificando las acciones en las categorías productiva, contributiva o no contributiva (ilustración 17). Al final de esta hoja de cálculo se arroja el porcentaje correspondiente a los tiempos de productividad que se buscan calcular (ilustración 18).

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE REFERENCIACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	FORMATO DE MUESTREO DE TRABAJO	# 6
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	------------

Nombre del Proyecto: CONFIDENCIAL Fecha: 12/03/2012
 Nombre del Trabajador: JOSE ELBER BARRERA Hora de inicio: 8:30
 Cargo del Trabajador: OBTERO - Lugar: 8 PISO
 Encuestador: GUSTAVO A RUIZ E. Actividad: HIERRO

INICIO DE CONTEO	FINAL DE CONTEO	OBSERVACIONES
00:00	00:18 s	Desplazamiento inuti
00:18	00:44	Observando compañero
00:44	01:54	Transportando Acero
01:54	02:10	Pensando - receso
02:10	02:50	Observando compañero
02:50	05:06	Aimando

Ilustración 16. Formato de muestreo de trabajo con información recopilada en campo

INICIO DE CONTEO	FINAL DE CONTEO	DURACION MINUTOS	MINUTOS	SEGUNDOS	TOTAL SEGUNDOS	OBSERVACIONES	CODIGO	C	P	NC	#
00:00	01:06	01:06	1	6	66	Hablando por celular	NC	0	0	66	1
01:06	02:16	01:10	1	10	70	Colocar ladrillos	P	0	70	0	
02:16	02:50	00:34	0	34	34	Medicion	C	34	0	0	
02:50	03:54	01:04	1	4	64	Movimiento de ladrillos	C	64	0	0	
03:54	04:05	00:11	0	11	11	Indicaciones	C	11	0	0	
04:05	05:00	00:55	0	55	55	Movimiento de ladrillos	C	55	0	0	2
											3
											4
											5

Ilustración 17. Hoja de cálculo para ordenar los datos recopilados - parte superior

G248 Acomoda ladrillos															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
236	00:00	01:05	01:05	1	5	65	Desplazamiento util				C	65	0	0	
237	01:05	01:47	00:42	0	42	42	Encofrando				C	42	0	0	
238	01:47	02:10	00:23	0	23	23	Desplazamiento util				C	23	0	0	
239	02:10	03:39	01:29	1	29	89	Quitando pines				C	89	0	0	
240	03:39	03:50	00:11	0	11	11	Desplazamiento util				C	11	0	0	
241	03:50	04:25	00:35	0	35	35	Encofrando				C	35	0	0	
242	04:25	05:00	00:35	0	35	35	Toma gaseosa				NC	0	0	35	
244	00:00	00:25	00:25	0	25	25	Toma gaseosa				NC	0	0	25	
245	00:25	00:39	00:14	0	14	14	agrega agua				C	14	0	0	
246	00:39	03:03	02:24	2	24	144	mezcla				C	144	0	0	
247	03:03	03:16	00:13	0	13	13	Desplazamiento util - va por cemento				C	13	0	0	
248	03:16	03:32	00:16	0	16	16	Acomoda ladrillos				C	16	0	0	
249	03:32	03:50	00:18	0	18	18	Acomoda el cemento				C	18	0	0	
250	03:50	04:00	00:10	0	10	10	descarga cemento				C	10	0	0	
251	04:00	04:32	00:32	0	32	32	hecha agua en un balde				C	32	0	0	
252	04:32	04:55	00:23	0	23	23	mide con pita				C	23	0	0	
253	04:55	05:00	00:05	0	5	5	Observando				NC	0	0	5	
255	TOTAL											8922	556	2822	12300
256	PORCENTAJES											72.54%	4.52%	22.94%	100%
257												C	P	NC	
258												77.06%		22.94%	

Ilustración 18. Hoja de cálculo para ordenar los datos recopilados - parte inferior

7.2.8.4. Resultado de Productividad

Los tiempos contributivos y productivos se sumaron, ya que las actividades que se presentaron en el 64.65% del avance de la obra son en su mayoría de orden contributivo. En la figura 7 se muestra que el 77% de la medición fueron actividades productivas y contributivas mientras se obtuvo pérdidas significativas del 23%.



Figura 7. Torta de productividad

Aunque no hubo mayor afectación en la programación, que perjudicara el desarrollo normal de la obra, las pérdidas reflejan sobrecostos para el subcontratista, ya que se está invirtiendo en más trabajadores que lo necesarios, para abarcar las actividades. En la Figura 8 se muestra con claridad las causas de las pérdidas relacionadas en la medición con el 64.65% del avance de obra mediante un diagrama de Pareto de las actividades no contributivas, con el fin de buscar las mejoras necesarias para reducir este porcentaje de pérdida.

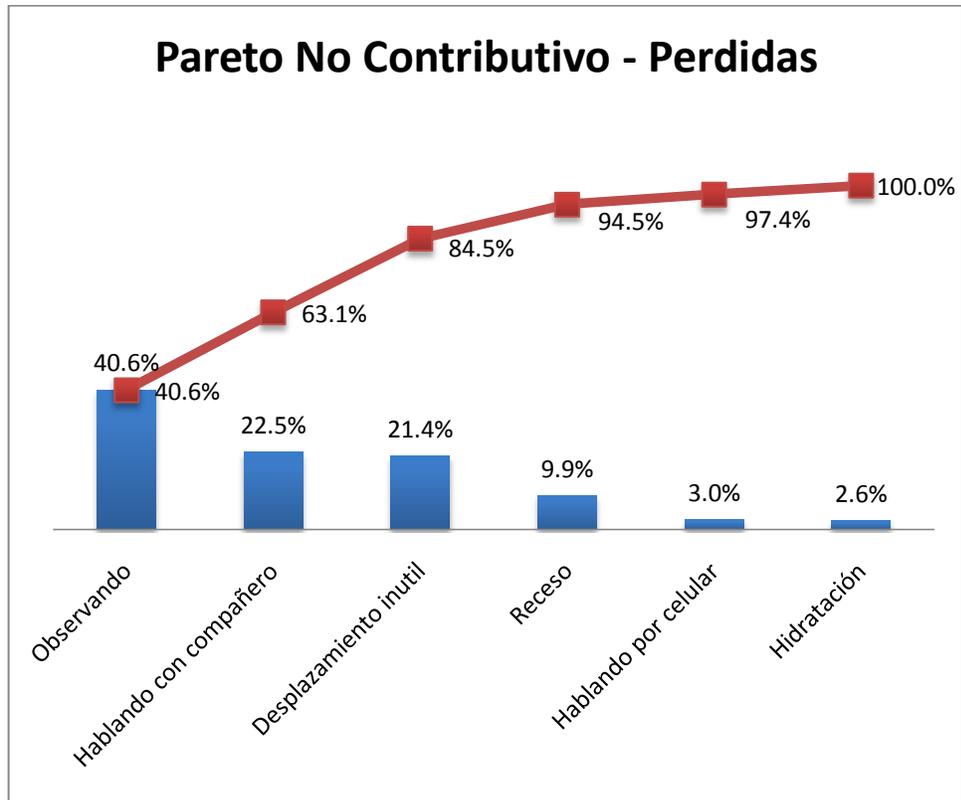


Figura 8. Pareto No contributivo - Perdidas

Los tiempos no contributivos no corresponden a las actividades planeadas en la programación de la obra. Con el 40.6%, la observación a sus compañeros o a su alrededor, es la principal causa de gasto de tiempo, seguido de las conversaciones entre compañeros de trabajo obteniendo el 22.5%. Completamos el 80% de las actividades representativas exigidas por diagrama de Pareto, con los desplazamientos innecesarios evidenciando el 21.4% de las pérdidas esta medición.

7.3. INDICADORES DE RENDIMIENTO DEL PROYECTO

En la tabla 11 se exponen los resultados de los indicadores de rendimiento de la aplicación del sistema de referenciación.

CATEGORIA	INDICADORES	RESULTADOS PROYECTO DE VALIDACIÓN
AVANCE DE OBRA	Variación de duración prevista	64.65%
COSTO	Variación de costo	36.22%
ENDEUDAMIENTO	Variación de endeudamiento	23.58%
SUBCONTRATACION	Trabajadores subcontratados	78.57%
PROGRAMACIÓN	Actividades programadas actuales	97.37%
	Presupuesto en ejecución	99.59%
SEGURIDAD	Tasa de accidentes	1.72%
RECURSOS HUMANOS	Satisfacción del personal Obrero	87.00%
	Satisfacción del personal Técnico	95.80%
	Satisfacción personal Administrativo	86.70%
PRODUCTIVIDAD	tiempo productivo y contributivo en obra	77.06%
	tiempo no contributivo o perdidas en obra	22.94%

Tabla 11. Indicadores de rendimiento del proyecto

8. FORTALEZAS Y DEBILIDADES

En el presente proyecto se abordan dos grandes vertientes, la que hace referencia al sistema de referenciación validado, y la que compete al análisis de los resultados del sistema de referenciación de la empresa constructora. En los apartados siguientes se exponen las fortalezas y debilidades encontradas para cada una de las vertientes, las cuales cumplen la función de determinar los aspectos favorecedores y debilitadores de cada proceso, sin embargo esta información se presenta de manera detallada en las recomendaciones y conclusiones.

8.1. SISTEMA DE REFERENCIACIÓN

SISTEMA DE REFERENCIACION	
<i>FORTALEZAS</i>	<i>DEBILIDADES</i>
La aplicación del sistema de referenciación es de corto plazo lo que permite tomar decisiones de mejoramiento en 3 días hábiles después del muestreo	Es inevitable la total transparencia en la implementación de las encuestas de satisfacción al personal obrero ya que algunos trabajadores copian a otros compañeros
La medición de productividad se establece con un método estadístico de muestreo aleatorio simple con un error del 5% entregando resultados confiables	La información de costos es de difícil acceso y no es exacta con el porcentaje de avance de obra, generando inconsistencias a la hora de desarrollar el análisis

Es sencillo identificar el porcentaje de avance de obra con solo tener la fecha de inicio, fecha de finalización planeada y fecha de la medición de esta	Fue complicada la organización del personal obrero para la asistencia, ya que no esperaban que les tomaran asistencia por otro método diferente al rutinario (lista de asistencia del vigilante)
La hoja de cálculo del muestreo aleatorio simple es de total confiabilidad y agilidad	Los papeles de enumeración se despegaban con facilidad e incomodan a los trabajadores
Los formatos fueron de total claridad y entendimiento	

8.2. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE REFERENCIACION DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA

ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
<i>FORTALEZAS</i>	<i>DEBILIDADES</i>
El factor de endeudamiento es bajo, generando un ahorro significativo en gastos financieros	Cuando se obtiene un factor de endeudamiento bajo se incrementa el riesgo del capital de inversión de la empresa
Todo el personal obrero esta subcontratado por contratistas dedicados a actividades específicas lo que contribuye a un mejor desarrollo de las actividades	Si la empresa subcontratista no asume correctamente las obligaciones de pago al personal. Por ley el contratista es solidario y también es responsable de las indemnizaciones a los empleados del subcontratista

<p>La empresa no tiene obligaciones directas en los pagos al personal obrero</p>	<p>A pesar del 1.72% de accidentalidad, se observa en la infraestructura física de la obra, que no tiene la suficiente seguridad. Se considera que el personal es advertido, tomando conciencia propia de los cuidados necesarios para evitar accidentes.</p>
<p>Durante el 64.65% de la obra se ha reportado solo un caso grave de accidente. Aunque la tasa de accidentalidad deba ser del 0%, esta obra obtiene un 1.72% en este indicador lo cual representa que la organización y manejo en la obra en cuanto a seguridad está bien dirigida</p>	<p>Se presentó un 23% en pérdidas en el análisis de la medición de productividad, generando sobrecostos, ya que se estima que hay más trabajadores de los necesarios</p>
<p>El nivel de satisfacción de los empleados es significativo ya que los porcentajes evidencian el gusto de los trabajadores en los aspectos laborales</p>	<p>La observación a sus compañeros, la charla con compañeros y desplazamientos innecesarios son los principales contribuyentes a las pérdidas</p>
	<p>No se estiman pausas activas</p>

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el sistema de referenciación correspondiente a la validación se recomiendan los siguientes aspectos:

- Para la implementación del formato de muestreo de trabajo se debe tener clara la manera en que se hace la medición, así como la precisión con los cronómetros para la toma de los tiempos.
- Es importante que en la categoría de avance de obra del formato de medición de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos se incluya un cuadro que mencione las actividades que se están ejecutando en ese momento.
- La cantidad necesaria de mediciones debe ser respetada, ya que la población usada en el tamaño de muestreo la constituyen los periodos de 5 minutos durante el horario laboral de un día, exigiendo 41 mediciones.
- Para obtener resultados significativos se debe cumplir estrictamente con el orden propuesto en la investigación.
- Se recomienda incluir una tabla en la categoría de subcontratación del formato de medición de indicadores que incluya los porcentajes de personal que tiene cada uno de los subcontratistas, representándolos con la actividad en la cual el personal se desempeña.
- Para obtener resultados precisos del sistema de referenciación es necesario que las personas que apliquen esta prueba, tengan los conocimientos claros, para evitar errores a la hora del muestreo.

- Se recomienda que con un día de anticipación se avise al personal que al siguiente día (muestreo) se tomará asistencia por el método de registro mediante computador, agilizando así el proceso el día de la medición.
- En el momento de la medición de productividad quien haga el muestreo debe ubicarse de tal manera que los trabajadores no se sientan presionados u observados, ya que esto también puede afectar los resultados.
- Es de vital importancia hacer visitas técnicas antes de hacer las mediciones, ya que es crucial familiarizarse con la obra para evitar contratiempos en los muestreos.
- Se recomienda usar otro método para la enumeración del personal, ya que varios de estos se despegaban por un lado, interrumpiendo al trabajador y complicando la búsqueda de la medición.

Por otra parte se contemplan las siguientes recomendaciones del análisis de los resultados del sistema de referenciación de la empresa constructora:

- Se debe avanzar con las actividades de mampostería y friso aliviando la cantidad de actividades que no han sido ejecutadas.
- Se recomienda realizar una evaluación de riesgo de la obra, enfocado al capital de inversión, ya que la financiación del proyecto se está ejecutando en su mayoría con capital propio de la empresa, siendo conscientes de los posibles riesgos que se pudieran presentar con este capital.

- Ya que todo el personal obrero es subcontratado se debe implementar una constante supervisión en obra para mantener orden en las actividades de cada una de las cuadrillas, evitando la superpoblación, en un solo sector de la obra.
- A pesar que la empresa contratista no sufre los sobrecostos del personal no productivo, se debe resaltar que a mayor cantidad de personal en obra, se incrementa la responsabilidad de las partes, si se llegara a presentar un accidente. Así que se debe exigir a los subcontratistas que replanteen la cantidad necesaria del personal, para la ejecución de las actividades, disminuyendo el personal por el realmente necesario
- A pesar del cumplimiento de la programación se recomienda hacer una reestructuración de la programación de las actividades, ya que se nota la recarga de actividades hacia el final del avance de obra del proyecto.
- Resaltando que esta empresa constructora usa una lista de precios fija con los subcontratistas, basadas en APU's elaborados por la trascendencia de los proyectos que esta ha ejecutado, elaborando un cuadro de costos actualizado, es de gran necesidad que el AIU se incluya dentro del presupuesto total de la obra. Ya que el presupuesto de esta empresa sólo consta de precios directos e indirectos.
- Se recomienda replantear la seguridad de cada uno de los pisos ya que los obreros están expuesto al vacío sin ninguna protección.
- Es necesario implementar pausas activas para los trabajadores donde puedan tomar un receso e hidratarse, evitando que en trascurso de las actividades, cesen su trabajo.

- A primera hora del día sería significativo, introducir una charla de 30 minutos donde se propongan metas a los trabajadores, verificando su efectividad al final del día.

CONCLUSIONES

Se presentan a continuación las conclusiones de la validación del sistema de referenciación con indicadores de rendimiento.

Se hizo la validación un sistema de referenciación, soportado en los formatos de los estudios preliminares y en la medición de indicadores de rendimientos para Benchmarking, implementando todas las categorías e indicadores propuestos con su referencia correspondiente.

Este sistema de referenciación es una gran herramienta para empresas que necesiten un diagnóstico urgente de indicadores de rendimiento, ya que el tiempo de entrega de resultados no es mayor a 3 días después del muestreo. Lo que representa una referencia para tomar decisiones ágiles de mejoramiento.

Estadísticamente se implementó un método de tamaño de la población que halló las 41 mediciones con el 95% de confiabilidad partiendo de los 96 periodos de 5 minutos, haciendo posible la recopilación de datos confiables para el análisis en el indicador de productividad en el día donde se implementó la prueba.

Se realizó un reconocimiento general visual del sitio, verificando que los datos recopilados en el proyecto, no fueran inconsistentes con el resultado.

Para la obtención de los datos de las categorías de Avance de Obra, Costo, Endeudamiento y Programación correspondientes al formato de indicadores de rendimiento para información exclusiva de los proyectos, fue indispensable que los que brindaran los datos para este formato, fueran del personal técnico encargado de la programación y el presupuesto del proyecto.

En cuanto a la Subcontratación y Seguridad, se tomaron los datos exclusivamente del personal técnico que se encontraba en la obra, ya que ellos tienen el total conocimiento de los datos en obra.

En lo que respecta al diagnóstico encontrado para el caso de estudio del análisis del sistema de referenciación aplicado a una obra para la empresa constructora, se evaluó una foto instantánea del día de la medición, entregando un diagnóstico de rendimiento confiable, sustentado en sistemas de referenciación usados en diferentes países a nivel mundial y métodos estadísticos estandarizados.

El porcentaje de costo es del 36.22% del 100% de la inyección de capital hacia el proyecto, que comparado con el avance de obra del 64.65%, interpreta una recarga del capital restante en las actividades posteriores, generando un posible aumento de personal en el periodo final de la obra.

El capital de endeudamiento con entidades financieras fue del 23.58%, indicando que el 78.57% del capital está exento de intereses bancarios, generando un aparente ahorro significativo para la compañía.

La empresa evaluada tiene al 100% del personal obrero subcontratado. Cada uno de los subcontratistas se encarga de contratar los trabajadores necesarios para cumplir con sus actividades, evitando a la empresa contratista responsabilidades directas con los trabajadores obreros. Se insiste en tener presente la constante vigilancia de las obligaciones de los subcontratistas con sus trabajadores para obtener un mejor desempeño en la ejecución de la obra.

La categoría de programación se ubicó en un 97.37% y 99.59% del 100% reflejando el cumplimiento de la ejecución de las actividades y la eficiente inversión de los recursos según el presupuesto programado respectivamente.

Aunque la tasa de accidentalidad no fue totalmente nula, e interpretando que 0% es la de menor tasa de accidentalidad y el 100% como la de mayor accidentalidad, se encontró en la medición que la tasa de accidentalidad, promedia un 1.72%, interpretando que la tasa es mínima. Sin embargo, se tiene en cuenta en las visitas previas a la medición, que la obra presentaba carencia de seguridad en la infraestructura, ya que no utilizaba barreras de seguridad en los vacíos del edificio, aumentando el riesgo de accidentalidad.

A pesar que se encontró diferencia en los porcentajes de satisfacción entre las poblaciones, y teniendo en cuenta que del 0% al 30% es Muy Insatisfecho, del 31% al 50% es Insatisfecho, del 51% al 60% Ni Satisfecho, ni Insatisfecho, del 61% hasta el 80% es Satisfecho y del 81% al 100% es Muy satisfecho, se promedió el nivel de satisfacción de las 3 poblaciones (obrera, administrativa y técnica) de 89.83% ingresando en un nivel Muy Satisfecho, reflejado en la influencia con el trabajo, los pagos y condiciones, el ambiente laboral y el trato de sus superiores.

Los tiempos no contributivos o pérdidas, presentaron un porcentaje significativo del 22.94%, el cual puede disminuir con un mejoramiento. La observación a sus compañeros, las conversaciones entre ellos, y los desplazamientos innecesarios son las principales causas que contribuyeron a reducir la productividad.

La aplicación del sistema de referenciación sirve como una herramienta para hacer comparaciones de Benchmarking, siempre y cuando se tengan varios muestreos de sistema de referenciación en distintas empresas, de igual manera sirve como diagnóstico en tiempo real de la obra en ejecución, para referenciar rápidamente los sucesos, mostrando en porcentaje, los indicadores propuestos para su respectiva interpretación.

Como consecuencia del análisis se propone el uso del sistema de referenciación con indicadores de rendimiento para realizar benchmarking en la industria de la construcción

BIBLIOGRAFIA

ALARCON, Luis F. SERPELL, Alfredo. Performance measuring Benchmarking, and modelling of construction projects. 1996. 8h.

BOTERO, Luis F. ALVAREZ, Martha E. RAMIREZ, Carlos A. Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción. 2007.

COSTA, Dayana B. FORMOSO, Carlos T. KAGIOGLOU, Michail. ALARCON, Luis F. Performance measurement systems for Benchmarking in the construction industry. 2004.

FISHER, Deborah. MIERTSCHIN, Susan. POLLOCK JR, David R. Benchmarking in construction industry. Journal of management in engineering, 1995, 6h.

MAROSSZEKY, Marton. KARIM, Khalid. Benchmarking a tool for lean construction. 1997. 10h.

RAMIREZ R, Ricardo. ALARCON, Luis F. KNIGHTS, Peter. Benchmarking management practices in the construction industry. 2002.

RAMIREZ, Ricardo R. ALARCON, Fernando C. KNIGHTS, Peter. Benchmarking system for evaluating management practices in the construction industry. 2004.

TRIOLA, Mario F. Estadística Elemental. Adisson Wesley Logman, ed 7. Mexico. 2000.