

**PRODUCTIVIDAD EN OBRA  
METODOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO Y CONTROL DE LA MANO DE  
OBRA**

**SERGIO DAVID MANTILLA REY  
STEFPHANIA NIKOLL O'BYRNE ARIZA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2008**

**PRODUCTIVIDAD EN OBRA  
METODOLOGIA PARA MEJORAMIENTO Y CONTROL DE LA MANO DE  
OBRA**

**SERGIO DAVID MANTILLA REY  
STEFFHANIA NIKOLL O'BYRNE ARIZA**

**Trabajo de grado para optar por el titulo de ingeniero civil  
Modalidad Proyecto de Investigación**

**Director**

**GUILLERMO MEJIA AGUILAR**

**Ingeniero civil, Msc**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2008**

DIOS

*Por darme la oportunidad de ingresar a esta universidad  
Y terminar mis estudios con éxito*

A MI FAMILIA

*Por creer en mí, mis capacidades, en mis deseos de  
superación  
Y brindarme su apoyo y cariño incondicional.*

A MIS AMIGOS

*Por su compañía y ánimo  
Durante mi vida universitaria...*

*Y muy especialmente a  
Sergio David por su paciencia,  
Su compañía incondicional, y por mostrarme siempre  
El lado positivo de las cosas*

**STEPHANIA O'BYRNE**

- *A Dios: motor de mi existir*

- *A mi familia, por su amor infinito e incondicional*
- *A Nikoll mi compañera de tesis por su paciencia, respaldo y apoyo en este largo transcurrir*
- *A Dorita quien con su alegría y amor ha sido luz en mi vida*

**SERGIO DAVID MANTILLA REY**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración de todas aquellas personas que de alguna manera nos ayudaron en el desarrollo de esta monografía. Muy especialmente a:

Al **Ingeniero M.Sc. GUILLERMO MEJIA AGUILAR**, por ser nuestro director de investigación, brindarnos la oportunidad de trabajar con él y asesorarnos de manera clara y oportuna en las dificultades y dudas presentadas en el desarrollo de la investigación.

A todas las personas que conforman la gran familia de Ingeniería Civil UIS, docentes, secretarias, personal administrativo y compañeros que siempre han estado ayudando y formando una escuela cada día más sólida y con mayor calidad.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>16</b>
<b>1. PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION</b>	<b>17</b>
1.1 DEFINICION DE PRODUCTIVIDAD	17
1.2 IMPACTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS DE CONSTRUCCION	19
<b>2. METODOLOGIA PARA MEJORAMIENTO Y CONTROL DE LA MANO DE OBRA</b>	<b>20</b>
2.1 ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION	21
<b>3. PRIMERA PARTE: PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA</b>	<b>25</b>
3.1 DESCRIPCION DE LA OBRA	25
3.2 LEY DE PARETO	25
3.3 FUNDAMENTACION TEORICA DEL PROCEDIMIENTO	30
3.3.1 PRODUCTIVIDAD: MANO DE OBRA	30
3.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LOS RENDIMIENTOS EN LA MANO DE OBRA	31
Economía General	33
Clima	33
Obra	33
Equipamiento	34
Supervisión	34

Laborales	35
Trabajador	36
3.4 CALCULO DE RENDIMIENTOS NORMALIZADOS	37
3.5 ANALISIS DE RESULTADOS	38
<b>4. SEGUNDA PARTE: IDENTIFICACION DE LAS PERDIDAS COMO HERRAMIENTA DE MEJORAMIENTO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION</b>	<b>45</b>
4.1 CATEGORIAS DE TRABAJO	46
4.2 TOMA DE DATOS	48
4.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA	48
4.4 ANALISIS DE LOS DATOS	50
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>56</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hoja de trabajo para elaborar un diagrama de Pareto	26
Tabla 2. Escala de Eficiencia de Rendimientos	31
Tabla 3. Factores que afectan los rendimientos en la mano de obra	32
Tabla 4. Porcentajes de afectación de cada grupo	37
Tabla 5. Calificación y Rango de los Factores que afectan los rendimientos de la Mano de Obra	37
Tabla 6. Rendimientos normalizados para la actividad cerámica de piso	40
Tabla 7. Intervalos de confianza para la actividad cerámica de piso	40
Tabla 8. Rendimientos normalizados para la actividad mampostería en limpio	42
Tabla 9. Intervalos de confianza para la actividad mampostería en limpio	42
Tabla 10 Rendimientos normalizados para la actividad estuco	44
Tabla 11. Intervalos de confianza para la actividad estuco	44
Tabla 12: Resultados del tamaño de la muestra	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.	17
Figura 2: Ciclo de mejoramiento de la productividad.	21
Figura 3: Análisis de la productividad.	22
Figura 4. Técnicas que conforman el análisis de la productividad	24
Figura 5. Carta de proceso de mampostería	27
Figura 6. Carta de proceso cerámica de piso	28
Figura 7. Carta de proceso estuco	29
Figura 8. Clases de factores que afectan la productividad	32
Figura 9. Diagrama de dispersión para la actividad cerámica de piso	41
Figura 10. Intervalos de confianza para la actividad cerámica de piso	41
Figura 11. Diagrama de dispersión para la actividad mampostería en limpio	43
Figura 12. Intervalos de confianza para la actividad mampostería en limpio	43
Figura 13. Diagrama de dispersión para la actividad estuco	45
Figura 14. Intervalos de confianza para la actividad estuco	45
Figura 15. Composición normal del contenido del trabajo	48
Figura 16. Distribución categorías de trabajo para la actividad mampostería en limpio	52
Figura 17. Distribución categorías de trabajo para la actividad cerámica de piso	53
Figura 18. Distribución categorías de trabajo para la actividad estuco	54
Figura 19. Distribución General categorías caso Medellin	55

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Simbología de una carta de proceso	61
Anexo 2. Clasificación de los factores de afectación	62
Anexo 3. Formato para la toma de datos en obra	63
Anexo 4. Tabla de Mundel para determinar número de observaciones	64
Anexo 5. Modelo de hoja de calculo de rendimientos normalizados	65
Anexo 6. Formato de encuestas de detenciones y demoras	66

## GLOSARIO

**ACTIVIDAD:** Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar o ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas o equipos, para adelantar un proceso constructivo. La actividad debe ser completa, bien sea cerrando un ciclo, terminándola completamente, acabando la obra o permitiendo la iniciación de una nueva actividad.

**CONSUMO DE MANO DE OBRA:** Cantidad de recurso humano, expresado en horas-Hombre, empleado por una cuadrilla de uno o varios obreros de diferente especialidad, para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad de construcción. Es el inverso matemático del rendimiento.

**DESVIACION ESTANDAR:** Conocida como desviación típica, es una medida de dispersión usada en estadística que nos indica cuánto tienden a alejarse los valores puntuales del promedio en una distribución. Específicamente, la desviación estándar es el promedio de la distancia de cada punto respecto del promedio.

**DIAGRAMA DE DISPERSION:** Dadas dos variables, tomadas sobre el mismo elemento de la población, el diagrama de dispersión es simplemente un gráfico de dos dimensiones, donde en un eje (la abscisa) se grafica una variable, y en el otro eje (la ordenada) se grafica la otra variable. Si las variables están correlacionadas, el gráfico mostraría algún nivel de correlación (tendencia) entre las dos variables. Si no hay ninguna correlación, el gráfico presentaría una figura sin forma, una nube de puntos dispersos en el gráfico.

**DURACION:** Lapso de tiempo transcurrido entre la iniciación de una actividad y su terminación completa.

**EFICACIA:** Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

**EFICIENCIA:** Característica del método o procedimiento para ejecutar una actividad, que lo hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y

costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos.

**FACTORES DE AFECTACION:** Conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad.

**PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA:** Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de otros recursos.

**RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA:** Cantidad de obra de una actividad, completamente ejecutada por una cuadrilla, conformada por uno o varios obreros de diferente especialidad, por unidad de recurso humano (hora-Hombre).

## RESUMEN

### TITULO

METODOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO Y CONTROL DE LA MANO DE OBRA.\*

### AUTOR:

MANTILLA REY, Sergio David\*\*  
O'BYRNE ARIZA, Stefphania Nikoll\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Productividad, Productividad de la Mano de Obra, Pérdidas, Cálculo de Rendimientos.

### RESUMEN:

Actualmente el sector de la construcción en Colombia, se está esforzando por crear y mantener estándares de productividad y rendimientos en los procesos constructivos, lo que le exige a las empresas constructoras identificar y establecer metodologías de seguimiento apropiadas, tomando a la productividad de la mano de obra como indicador de gestión y control, creando de esta manera una metodología o un procedimiento de control que inicie desde la planeación de los proyectos hasta la culminación de los mismos ya que es necesario para detectar las deficiencias y debilidades en todas las etapas de los procedimientos.

La metodología propuesta en esta investigación, adopta como indicador a la productividad, ya que esta evalúa el estado del trabajo y avances ejecutados en cada proceso, y se fundamenta en la identificación de pérdidas como directriz para tomar acciones correctivas, ya que una vez identificadas causas de las pérdidas en los procesos, se propone buscar la eficiencia del trabajo productivo, que es el que finalmente agrega valor al proceso y al avance del mismo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando el tiempo no productivo (pérdidas), ya que este es el responsable de los retrasos y el incumplimiento de metas en los proyectos.

---

**\*Proyecto de Grado. Modalidad Proyecto de Investigación**

**\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas UIS, Escuela de Ingeniería Civil,  
Director: Ing. Guillermo Mejia Aguilar**

## SUMMARY

### TITLE

METODOLOGY TO IMPROVE AND CONTROL OF THE MANPOWER\*

### AUTHORS:

MANTILLA REY, Sergio David\*\*

O'BYRNE ARIZA, Stefphania Nikoll\*\*

### KEYWORDS:

Productivity, Manpower's productivity, Productivity activities, Losses, performance appraisal

### ABSTRAC:

Now days the Colombia's construction field is making a great attempt to create and keep high quality standards of productivity and efficiency during the construction process, pushing the construction companies to identify and establish good methodologies which allow them to follow all the building process, one of this methodologies goes forward the manpower-force's productivity as an indicator and control, from the beginning to the culmination of a building project that allows the detection of weakness and solidness during course of a project.

We propose a methodology based on the productivity as an indicator to control the progress at a building site, with this method, it is possible to evaluate the stage of a process, how is its development and advances reached during each part of process. This methodology is based in the identification of losses and their use during the decision making process. This productivity based methodology has to phases: first, we calculate the work performance to set the basic rules and protocols; second, the percentages (%) of the time use by each worker during every productive activity were used to fix levels of productivity, these levels allow us to decrease non productive activities and increase productive ones, which will be reflected as an increase of productive man's power.

---

\*Proyecto de Grado. Modalidad Proyecto de Investigación

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas UIS, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Ing. Guillermo Mejía Aguilar

## INTRODUCCION

El aprovechamiento eficaz o la máxima productividad de los recursos puede ser una causa muy importante de reducción de costos, particularmente cuando la industria de la construcción se encuentra en un proceso de crecimiento. Por lo tanto son fundamentales los controles de los recursos del proyecto, ya que ayudan a controlar el flujo del capital.

Un programa de seguimiento y control presenta varias etapas y deben formar parte de la administración de cualquier proceso productivo, y consisten en verificar la ejecución de los trabajos de acuerdo con la planeación, además permiten tomar acciones correctivas que permitan superar las deficiencias.

Para verificar la ejecución del trabajo y examinar el estado de los recursos empleados en los procesos existen diferentes métodos, de los cuales en el desarrollo de esta investigación se analizarán algunos, en donde se medirán los estándares de rendimientos manejados en nuestro entorno para los diferentes procesos, y además se propone una categorización del trabajo con base a las actividades productivas, contributivas y no contributivas que se realizan durante el desarrollo de un proceso como método para identificar con mayor precisión las fuentes más frecuentes de interrupciones y demoras en los procesos, y la incidencia de cada una de ellas en términos de recursos desperdiciados.

Hacer una clasificación del trabajo (productivo, contributivo, no contributivo) en los procesos, se convierte en una herramienta muy útil y ágil a la hora de analizar la productividad de los procesos, ya que durante la ejecución de la obra se producen actividades no contributivas que van disminuyendo el tiempo disponible para realizar el trabajo productivo y es sobre estas actividades que hay que actuar oportunamente, para mejorar la productividad reduciendo las pérdidas y aumentando el trabajo productivo.

## 1. PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

La industria de la construcción, es un sector de gran actividad e importancia dentro del desarrollo económico de un país, ya que su constante movimiento impulsa el progreso de la sociedad.

La productividad ha sido objeto de estudio de muchas industrias, especialmente en esta época, en donde la competencia exige que los niveles de productividad sea cada vez mas altos, sin embargo en la industria de la construcción colombiana, son pocos los estudios que se han realizado, porque se desconocen metodologías para realizarlos, por tal razón se desconocen la utilidad que tienen los estudios de planeación y control en una obra, especialmente a lo referente a los rendimientos y a la utilización del tiempo.

Debido a esto, en la construcción desde la década de los 80's ha crecido el interés de mejorar y optimizar las técnicas constructivas, los materiales, las reglamentaciones y normas, por lo tanto los ingenieros deben tener una formación técnica constante en búsqueda del mejoramiento de los procesos, para poder en determinado caso tomar decisiones oportunas en la solución de los problemas generando respuestas precisas y convenientes. También los ingenieros deben aplicar los "procesos de mejoramiento continuo" optimizando cada vez más los procesos realizados, orientado a lograr la satisfacción del cliente.

### 1.1 DEFINICION DE PRODUCTIVIDAD

Por productividad entendemos la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas, etc.

Una productividad mayor significa la obtención de más resultados con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor productividad en volumen y calidad con el mismo insumo.

La productividad de manera resumida, podría definirse como la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Se puede expresar como:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

Por lo tanto, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de producción en función del factor trabajo.

El objetivo principal de cualquier proceso constructivo, es incrementar la productividad, lo que se logra introduciendo en nuestro desempeño una alta efectividad y eficiencia a la hora de realizar cualquier trabajo, como se puede ver en la siguiente figura:

**Figura 1. Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.**

<b>UTILIZACION DE RECURSOS</b>			
<b>POBRE</b>	<b>ALTA</b>	<b>A</b>	<b>OBTENCION DE METAS</b>
<b>EFFECTIVO PERO INEFICIENTE</b>	<b>EFFECTIVO Y EFICIENTE ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</b>	<b>T</b>	<b>O</b>
<b>INEFFECTIVO E INEFICIENTE</b>	<b>EFICIENTE PERO INEFFECTIVO</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
		<b>J</b>	<b>O</b>

Fuente. Administración de operaciones de construcción, SERPELL ALFREDO

## **1.2 IMPACTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS DE CONSTRUCCION**

Con la necesidad de aumentar la productividad, las empresas constructoras, han tenido que mejorar los aspectos de calidad, el marco reglamentario, la capacitación de sus empleados, etc., buscando incrementar su nivel de participación dentro de la voraz competencia que existe entre las empresas de esta industria.

Para las empresas constructoras, se ha vuelto un objetivo permanente la optimización de sus productos a través del incremento de la productividad, a fin de reducir los costos de los bienes y servicios que se le proporcionan a la comunidad.

Además de la reducción de costos, mantener índices de productividad altos tiene otras ventajas que resultan muy útiles para las empresas constructoras:

- Mercados mas competitivos, con participación activa y creciente de empresas constructoras.
- Viabilidad para nuevas inversiones.
- Permanencia en el mercado a mediano y largo plazo.
- Disminución y cumplimiento de los plazos de entrega.
- Disminución de costos e incrementos de utilidades.
- Uso eficiente de los recursos naturales y de la fuerza laboral, logrando con esto una reducción en el desperdicio de la materia prima.
- Eliminación de desplazamientos innecesarios de materiales y trabajadores.
- Reducción de los tiempos muertos de las maquinas.
- Disminución de la rotación del personal.
- Mejoramiento continuo del capital humano y de un entorno que fomente la creatividad y la innovación, así como las relaciones laborales entre los trabajadores.

## **2. METODOLOGIA PARA MEJORAMIENTO Y CONTROL DE LA MANO DE OBRA**

En esta investigación se recopilan e integran varias técnicas o métodos planteados por diferentes autores en la etapa de seguimiento y control de la productividad en proceso de la construcción, con lo que se pretende aplicar lo mejor de cada una de ellas, en una nueva metodología, más sencilla, dinámica y sistematizada, que este acorde con las condiciones de nuestro entorno, que de respuestas rápidas y oportunas a los problemas básicos de baja productividad en los procesos constructivos. Entre sus objetivos están:

- Verificar el desarrollo de los procesos de acuerdo a lo planeado y especificado.
- Tomar acciones correctivas que ayuden a superar las deficiencias y ajustar la planificación a las condiciones actuales diferentes a las supuestas inicialmente.
- Aumentar la productividad a través de un mejoramiento continuo de las deficiencias en el desarrollo de las operaciones de construcción.

Para lograr esto es necesario llevar a cabo un control de los métodos y procedimientos de trabajo en terreno, con el cual se dispondrá de herramientas básicas para:

- Detectar pérdidas en la ejecución del proceso de construcción.
- Identificación de las áreas donde se producen las pérdidas y sus causas.
- Cuantificar la magnitud de las pérdidas.
- Utilizar la información obtenida como base de medición de mejoramiento.

La base de cualquier metodología de mejoramiento existente esta descrita por el ciclo de mejoramiento de la productividad, que de manera general representa los objetivos del plan a implementar.

Figura 2: Ciclo de mejoramiento de la productividad.



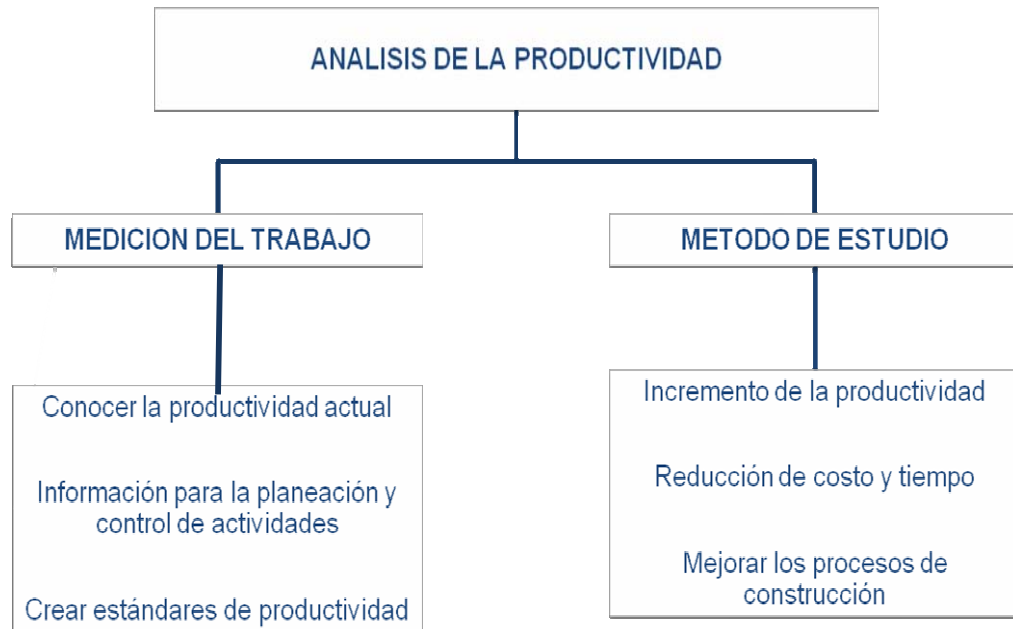
Fuente: Administración de operaciones de construcción, SERPELL ALFREDO

## 2.1 ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION

El objetivo principal cuando se analizan procesos -para nuestro caso constructivos- consiste en estudiar los *métodos de trabajo*, con el fin de idear nuevos procedimientos que permitan llevar a cabo los procesos hasta su fin, contribuyendo a detectar falencias que mas adelante reflejaran reducción de costos y tiempo. Para analizar el estado de la productividad en los procesos, es necesario realizar un examen sistemático de las actividades con el objeto de incrementar el uso efectivo del recurso humano y la materia prima. El análisis de la productividad en un proceso contiene dos componentes:

- Métodos de estudio.
- Medición del trabajo

Figura 3. Análisis de la productividad.



Fuente. El autor

**Definición del método de estudio:** Es una técnica que se utiliza para evaluar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y en la economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras en un sistema o empresa, apoyadas fundamentalmente en el estudio del trabajo. Como objetivos del método de estudio tenemos:

- Optimizar recursos
- Optimizar el diseño y el área de trabajo
- Reducir el trabajo innecesario
- Incrementar la seguridad en el área de trabajo
- Mejorar las condiciones de trabajo
- Reconocer los mejores recursos humanos para otorgar incentivos

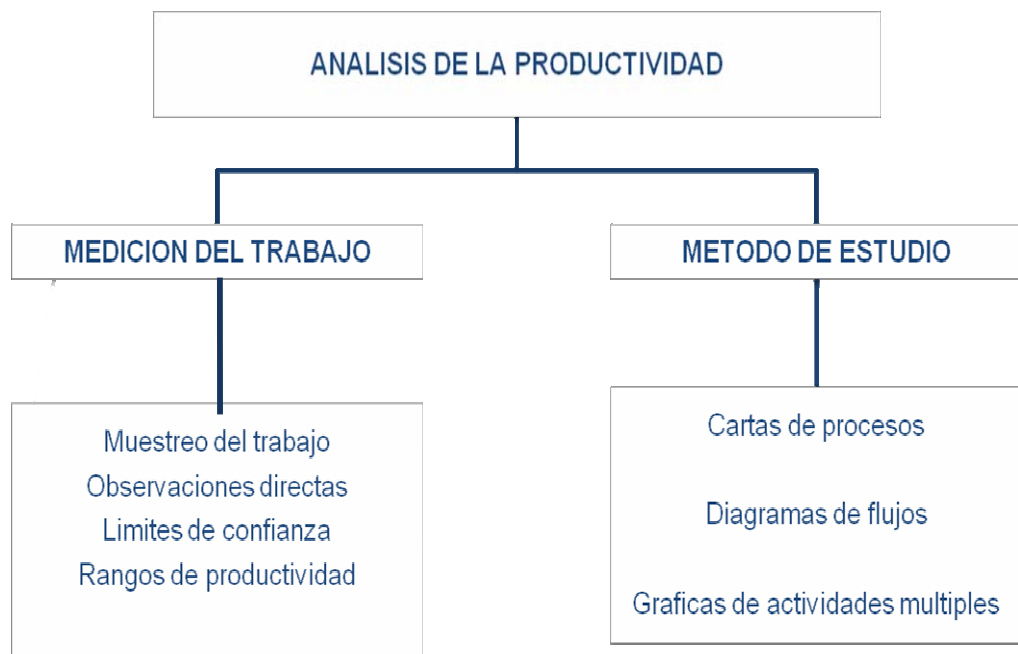
**Definición de medición del trabajo:** Consiste en la aplicación de diferentes técnicas para determinar el tiempo que tarda un trabajador calificado en llevar a cabo una actividad según un estándar de rendimientos preestablecida.

El propósito principal de la medición es determinar rendimientos para fijar tiempos de desempeño tipo o referencia que permitan adelantar planes de mejoramiento, además sirven para establecer y renovar los registros históricos en la elaboración de presupuestos y programación de obra para futuros proyectos.

Entre sus objetivos esta:

- Comparar la eficiencia de métodos alternativos
- Proveer información sobre planeación y control
- Balancear los componentes de trabajo de un equipo
- Crear estándares de productividad

**Figura 4: Técnicas que conforman el análisis de la productividad.**



**Fuente. El autor**

Los detalles de las demás técnicas utilizadas junto con sus aplicaciones serán expuestas mas adelante, a medida que se desarrollen.

La mano de obra en un proceso constructivo es muy importante, ya que es la que fija normalmente el ritmo de trabajo; Las medidas básicas para determinar como esta siendo utilizada serán descritas en esta metodología, y se desarrollará en dos etapas:

Etapa 1: Nivel general de la actividad, en esta etapa se analizará el porcentaje en tiempo real del trabajo y avances de la mano de obra y se tendrá como referencia los rendimientos y avances de las cuadrillas de trabajo, y se hará con base en el procedimiento descrito en el capítulo 3.

Etapa 2: Se identificarán las demoras y detenciones que se producen mientras las cuadrillas realizan su trabajo, Como herramienta de mejoramiento en el proceso, esto se profundizará en el capítulo 4.

### **3. PRIMERA PARTE: PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA**

#### **3.1 DESCRIPCION DE LA OBRA**

Es importante realizar la descripción de la obra, ya que cada obra presenta características diferentes, y la aplicación de esta metodología arroja resultados que son característicos de cada obra.

La obra consiste en una construcción de conjunto multifamiliar para vivienda (Piemonti), ubicado en la Transversal Oriental # 47 – 36 del barrio Zapamanga I en el municipio de Floridablanca Santander.

Construidos así: 17 torres de apartamentos de 5 pisos mas altillo, salón social, portería, cuarto de basuras, cuarto técnico y un local comercial, para un área total construida Piemonti de 23.019,18 metros cuadrados.

#### **3.2 LEY DE PARETO**

La ley de pareto, es un método estadístico basado en la proporción del 20/80, en donde debemos dar preferencia al 20% que importa y que produce el 80% de los resultados, dicho de otra manera la ley de pareto nos dice que el 20% de los defectos causaban el 80% de los problemas.

Llevando esta regla a nuestro medio de trabajo significa que el 20% de las actividades de un presupuesto de obra cualquiera, son las responsables del 80% del presupuesto total. Esto quiere decir que en el 20% de las actividades se concentra el mayor costo del proyecto, Por lo tanto las actividades que se encuentran en el 20% son las de más control y seguimiento para el desarrollo de la investigación.

La aplicación de este método es sencilla y confiable ya que ha sido objeto de estudio por mucho tiempo, es necesario tener el presupuesto de la obra y diseñar una tabla de cálculo que presente mas o menos el siguiente esquema como principio, porque el diseño como tal lo realiza la persona encargada del estudio.

**Tabla 1. Hoja de trabajo para elaborar un diagrama de Pareto**

<b>CAPITULO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>% INCIDENCIA</b>	<b>% INC. ACUMULADO</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Fuente: El autor**

Es necesario describir que la columna 3 registra el costo de cada actividad y que debe estar en orden descendente, la columna 4 muestra el porcentaje de incidencia del costo de cada actividad sobre el valor total de la obra y la columna 5 el porcentaje de incidencia acumulado. De los resultados de la columna 5 tomamos las actividades que representan el 80% del presupuesto para ser analizadas y elegir las que serán objetos de estudio.

De los resultados obtenidos con la ley de Pareto y teniendo en cuenta el nivel de desarrollo de la obra Piemonti, los procesos que serán analizados en este estudio son:



- **MAMPOSTERIA EN LIMPIO**
- **CERAMICA DE PISO LIGHT 40\*40**
- **ESTUCO**



**CERAMICA DE PISO LIGHT 40\*40**

<b>OBRA: PIEMONTI</b>	
<b>PROCESO: Ceràmica de piso light 40*40</b>	
<b>UNIDAD: M2</b>	
<b>DETALLES</b>	
<b>CUADRILLA</b>	(2*1)
<b>FECHA</b>	
<b>Tareas y actividades</b>	
<b>REPLANTEO</b> Aseo del àrea de trabajo Ajustar la escuadra	○ ○
<b>PEGA DE CERAMICA</b> Transporte de material Horizontal Almacenamiento del material Preparaciòn de la mezcla Corte de la ceràmica Pega de la ceràmica	⇨ ▷ ○ ○ ○ 2.5
<b>LIMPIEZA Y ASEO</b> Recoger sobrantes	○
<b>Cdlla</b>	(0*1) (2*0)  (0*1) (0*1) (0*1) (2*0) (2*0)  (0*1)
<b>Dist.(m)</b>	
<b>Observaciones</b>	Manual

## ESTUCO

<b>OBRA PIEMONTE</b>	
<b>PROCESO: Estuco</b>	
<b>UNIDAD: M2</b>	
<b>DETALLES</b>	
<b>CUADRILLA</b>	(2*0)
<b>FECHA</b>	
<b>Tareas y actividades</b>	
<b>ADECUACION DE SUPERFICIE</b> Lijar superficie	○
<b>PEGA DE MEZCLA</b> Transporte de material Almacenamiento del material Armar andamio Dosificación del agua en la mezcla Esparcimiento de la mezcla	  ○ ○ ○
<b>LIMPIEZA Y ASEO</b> Recoger sobrantes	○
<b>Dist.(m)</b>	2.5
<b>Cdlla</b>	(2*0)
<b>Observaciones</b>	Mezcla preparada, sin agua Estucar placa (techo)

### **3.3 FUNDAMENTACION TEORICA DEL PROCEDIMIENTO**

En los estudios realizados a rendimiento de mano de obra, se han encontrado diferentes metodologías y bases de datos realizadas en diferentes países del mundo incluyendo Colombia, la investigación colombiana a cerca de este tema que mas impacto ha tenido y que sirve de base de datos a las futuras investigaciones fue realizada por los Ingenieros **ANTONIO CANO R.** y **GUSTAVO DUQUE V.**, titulada RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA, realizada gracias al convenio SENA-CAMACOL seccional Antioquia, desarrollada en el año 2000.

Para esta nueva investigación, tendremos en cuenta los estudios anteriores (Técnicas de Medición de rendimientos de Mano de Obra) para la clasificación y evaluación de los factores que afectan los rendimientos de mano de obra en construcción, adaptando los diferentes escenarios aquí planteados a nuestro entorno y situaciones locales.

#### **3.3.1 PRODUCTIVIDAD: MANO DE OBRA**

En la actualidad las empresas constructoras y en general todas las empresas, están desarrollando políticas que les permitan aumentar la productividad y competitividad para asegurar su permanencia en el comercio, lo cual ha llevado a la conclusión de que una de las variables que afecta la productividad en un proceso constructivo es la mano de obra.

La productividad teóricamente se encuentra en un rango de 0% a 100%, pero debido a los factores que afectan la productividad esta puede tomar cualquier valor de este rango. (Ver tabla 2).

Los distintos autores que han profundizado en el tema de los consumos y rendimientos, ubican el rendimiento normal de la mano de obra dentro de un rango que varía entre el 55 y el 70% dentro de la escala propuesta del 0% al 100%. Para nuestra investigación utilizaremos el 70% de la productividad para fijar el rendimiento normal de una cuadrilla de trabajo.

Los diversos factores pueden alterar la productividad de manera positiva presentando rendimientos en el rango de eficiencia de 71 a 100%, y negativa presentando rendimientos que varían en el rango de 0 a 69%.

La escala de eficiencia de los rendimientos se muestran en la siguiente tabla, y es de resaltar que esta tabla sirve de base para evaluar los rendimientos obtenidos en cualquier toma de datos de acuerdo con la propuesta de los Ingenieros Cano y Duque en Rendimientos y Consumo de Mano de Obra SENA-CAMACOL, y citada por HERNANDEZ C. Triny Carolina en su investigación

**Tabla 2. Escala de Eficiencia de Rendimientos**

<b>Eficiencia en la productividad</b>	<b>Rango en porcentaje</b>
Muy baja	10 a 40
Baja	41 a 60
Promedio o normal	61 a 80
Muy buena	81 a 90
Excelente	91 a 100

Fuente: Rendimientos y Consumo de Mano de Obra SENA-CAMACOL

### **3.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LOS RENDIMIENTOS EN LA MANO DE OBRA**

Los distintos factores que pueden afectar los rendimientos se encuentran clasificados en siete grupos (Ver tabla 3). Ya que producen variaciones en un rango tan amplio en los porcentajes de productividad.

**Tabla 3. Factores que afectan los rendimientos en la mano de obra**

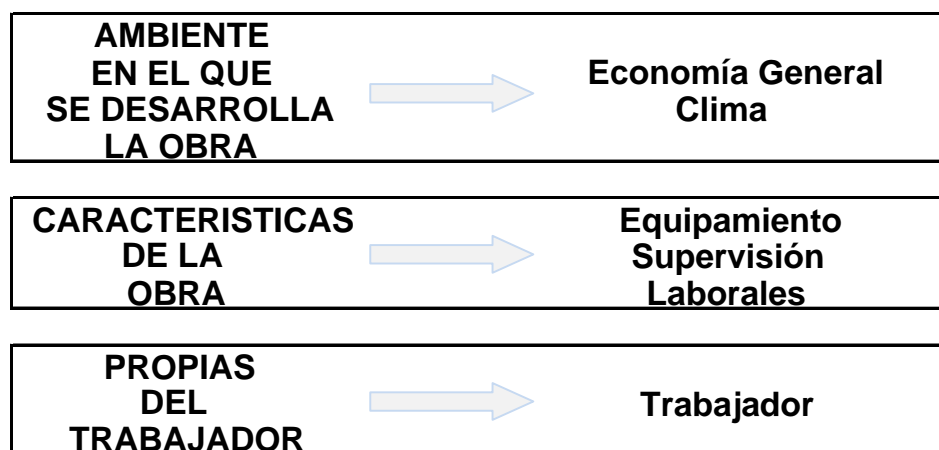
<b>1</b>	<b>Economía General</b>
<b>2</b>	<b>Aspectos Laborales</b>
<b>3</b>	<b>Clima</b>
<b>4</b>	<b>Obra</b>
<b>5</b>	<b>Equipamiento</b>
<b>6</b>	<b>Supervisión</b>
<b>7</b>	<b>Trabajador</b>

Fuentes: *CANO R. Antonio.* y *DUQUE V Gustavo.* Rendimientos y consumo de mano de obra

De igual forma estos factores se encuentran agrupados en tres clases distintas que facilitan el análisis de los mismos.

Cada uno de los factores, encierran diferentes aspectos, que deben examinarse antes de medir una actividad<sup>1</sup> y se enunciarán a continuación, de igual forma se describen las características encontradas en el desarrollo de esta investigación.

Figura 8. Clases de factores que afectan la productividad



Fuente: El Autor

■ **Economía General.** Este grupo de factores dependen del estado económico del país o del área en la cual se desarrollará el proyecto. Los factores que forman parte de este grupo y que fueron tenidos en cuenta para esta investigación son:

- Disponibilidad de mano de obra: Válido especialmente para los oficiales calificados.
- Disponibilidad de supervisión: Es el caso de los maestros encargados, supervisores y residentes de obra.

---

<sup>1</sup> HERNANDEZ C. Triny Carolina. Técnicas de medición de rendimientos de mano de obra

- Disponibilidad de materiales: Estos también se afectan por este motivo.

Teniendo en cuenta los aspectos que definen la economía general de una obra y en particular de cada actividad, adaptándolos e identificándolos en nuestra investigación, la obra seleccionada para este estudio, obtuvo una calificación de 4, en un rango de 1 a 5, ya que se considera que se cuenta una buena disponibilidad de recursos para la realización de las actividades.

■ **Clima.** Dentro de este grupo se tienen en cuenta los siguientes factores:

*Lluvia:* En épocas de lluvia los rendimientos generales son menores, por las interrupciones causadas, por la dificultad de manejar ciertos materiales mojados, o porque la actividad requiere procesos en seco.

*Temperatura:* El exceso de calor afecta el desempeño del obrero.

*Cubierta:* Los factores dependientes del clima pueden ser atenuados si la labor se desarrolla bajo cubierta.

■ **Obra.** En este grupo se tienen en cuenta las condiciones específicas del trabajo, el alcance del proyecto y del tipo de trabajo involucrado. Se tiene en cuenta si el programa de trabajo es amplio o apretado, si se tienen holguras o no entre el fin de una actividad y el comienzo de otra. Se tienen en cuenta las características del lote si es húmedo y pantanoso o difícil de drenar, o más bien alto y seco. Si su trabajo se verá afectado con otros trabajos o por ser un sitio con otras actividades en funcionamiento. Si el trabajo será mecanizado o manual. Los principales factores que caben dentro de este grupo son:

- Dificultad del trabajo: el grado de dificultad afecta el rendimiento.
- Peligro: el riesgo personal del obrero disminuye el rendimiento.
- Continuidad de la labor: las interferencias e interrupciones disminuyen la productividad.
- Orden en el sitio: un frente organizado y limpio mejora los rendimientos.

- Base de trabajo: la calidad de la superficie sobre la cual se desarrollará una actividad afecta los rendimientos esperados.
- Tipicidad: la posibilidad de tener muchas repeticiones de una actividad en condiciones iguales mejora enormemente los rendimientos, por dar posibilidad de desarrollar la curva de aprendizaje en el obrero.
- Tajo: el tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacios disminuye el rendimiento.

■ **Equipamiento.** La disponibilidad de equipo apropiado para realizar un proyecto, su estado, su mantenimiento y reparación oportuna afectan el rendimiento esperable en un trabajo. Los factores que se incluyen en este grupo y que fueron tenidos en cuenta en cada medición fueron:

- Herramienta: la calidad, suficiencia y grado de adecuación de la herramienta afecta la labor de la mano de obra.
- Equipo: su adecuación, disponibilidad y estado son de gran importancia en la ejecución de muchas actividades.
- Elementos de protección: dentro del equipamiento se deben considerar los elementos de protección recomendados por la buena práctica de la seguridad industrial.

■ **Supervisión.** La calidad y experiencia del personal de supervisión con que se pueda contar en el proyecto es de vital importancia en la productividad esperada en cualquier obra. Los factores que se analizan en este grupo son:

- Dirección: una insuficiente dirección resulta en un bajo rendimiento.
- Seguimiento: el grado de supervisión está correlacionado con la eficiencia en el trabajo.
- Instrucciones: debe existir un nivel adecuado y suficiente de instrucción para que la labor se desarrolle eficientemente.
- Idoneidad del maestro: es un factor vital en el desempeño del obrero.

En el desarrollo de la obra, las actividades de supervisión son hechas por la empresa constructora INACAR y el grupo de ingenieros de la misma. Por su parte los contratistas de cada actividad realizan sus labores de supervisión en la obra.

■ **Laborales.** Las condiciones laborales en las que se desarrolla la obra son muy importantes en la eficiencia del trabajo. Se debe analizar la disponibilidad de mano de obra bien capacitada en la empresa o en el sitio donde se desarrollará la obra. Los factores que se deben tener en cuenta en este grupo son:

- Tipo de contrato: el contrato a destajo influye favorablemente en el rendimiento, comparado con el contrato por día laborado. (Administración).
- Incentivos: una clara y sana política de incentivos mejora notablemente el rendimiento de las cuadrillas. La utilización de las tareas o destajos o premios por el cumplimiento de metas preestablecidas, incrementan favorablemente la dedicación del obrero.
- Salario o Precio a destajo: una buena remuneración siempre será un incentivo para el obrero, pues lo lleva a cuidar su puesto.
- Ambiente de trabajo: un ambiente de trabajo agradable, con buenas relaciones entre compañeros de labor y con los patrones, un ambiente seguro, aseado, y en general que respete la condición humana, siempre redundará en un mejor desempeño de la mano de obra.
- Seguridad social: dentro del ambiente de trabajo es importante que el trabajador se sienta protegido de los riesgos de salud y de trabajo. La tranquilidad que da esta protección incentiva el rendimiento.
- Seguridad industrial: una buena política de seguridad industrial en la obra, atenúa la influencia del riesgo inherente al trabajo.

■ **Trabajador.** Es de gran importancia considerar las condiciones personales del trabajador. Los factores a tener en cuenta son:

- Situación personal: la tranquilidad personal y familiar del obrero afecta en gran medida su actuación en el frente de trabajo. Una política acertada de apoyo y trabajo social, con seguridad tendrá un efecto favorable en la actuación de la mano de obra.

- Cansancio: el trabajo exigente y continuado puede llegar a producir fatiga natural en los seres humanos. Es necesario practicar políticas que garanticen el descanso, adecuado y suficiente, del trabajador para mantener su rendimiento normal.
- Conocimientos Técnicos: El nivel de capacitación alcanzado por el obrero, así como su posibilidad de mejorarlo, favorecen en alto grado la mayor eficiencia de su labor.
- Habilidad: es innegable que ciertos obreros desarrollan habilidades innatas o por entrenamiento propio, que los hacen más eficientes que otros, independientemente del grado de capacitación alcanzado. Se debe tener en cuenta esta situación al evaluar el desempeño.

Inicialmente se evaluarán las siete clases que hemos clasificado, asignándoles un porcentaje entre 0 y 100 %, teniendo como rendimiento normalizado el 70%, cuando un grupo de factores es evaluado, y se encuentra que es favorable al desempeño de la cuadrilla, se calificará con un porcentaje superior al 70%. Si es desfavorable, se calificará con un porcentaje inferior a dicho 70%, como se menciono anteriormente.

**Tabla 4. Porcentajes de afectación de cada grupo**

<b>Grupo</b>	<b>Rango (%)</b>
Economía general	50 a 75
Clima	40 a 75
Obra	40 a 80
Equipamiento	55 a 75
Supervisión	50 a 75
Laborales	40 a 80
Trabajador	60 a 75

**Fuente: Rendimientos y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL, Antioquia**

Para hacer la calificación de una manera más sencilla y acertada, se propone la tabla 4, para calificar cada uno de los factores que pueden afectar los rendimientos de mano de obra. Para cada uno de los factores se ha definido una escala de 0 a 5, siendo 0 la condición más desfavorable y 5 la más favorable y se estima que 3 es la condición normal como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5. Calificación y Rango de los Factores que afectan los rendimientos de la Mano de Obra**

<b>Grupo</b>	<b>Rango (%)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Economía general	50 a 75	50	55	60	65	70	75
Clima	40 a 75	40	47	54	61	68	75
Obra	40 a 80	40	48	56	64	72	80
Equipamiento	55 a 75	55	59	63	67	71	75
Supervisión	50 a 75	50	55	60	65	70	75
Laborales	40 a 80	40	48	56	64	72	80
Trabajador	60 a 75	60	63	66	69	72	75

**Fuente: Rendimientos y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL, Antioquia**

### **3.4 CALCULO DE RENDIMIENTOS NORMALIZADOS**

Inicialmente se definió el formulario donde se registraron los datos medidos en obra y los factores de afectación, el formulario se encuentra en el ANEXO 3.

Una vez tomados los datos de obra estos deben ser registrados y organizados para luego ser procesados, esto se hizo utilizando Excel, y en el ANEXO 5 se encuentra el encabezado de la tabla diseñada. Es de resaltar que la evaluación de cada uno de los factores que afecta la productividad de la mano de obra, se realizó teniendo en cuenta cada de los grupos en los que se han clasificado, utilizando el formato mostrado en el ANEXO 2.

Para explicar la tabla de cálculo se le asignó a cada columna de trabajo un número para de forma ordenada darles a conocer la función de cada casilla:

De la columna 1 a la columna 5 se registraron los datos tomados en obra, las mediciones que se hicieron fueron diarias y se revisaba los avances de las cuadrillas en la jornada de trabajo, especificando las unidades de medida y las horas que trabajaron.

De la columna 6 a 9 se calcula la productividad y de la columna 10 a la 13 se calcularon los rendimientos, estos cálculos se hicieron sin ninguna afectación, fueron calculados con los registros tomados en obra.

De la columna 14 a la 44 están registradas las calificaciones asignadas a cada factor según el grupo al que pertenecen, con el cálculo de su respectivo promedio que corresponde a la calificación total del grupo de factores; es de destacar que estas calificaciones tienen un rango de 0 a 5 y se hicieron día a día mientras se tomaron las muestras necesarias de los avances de la cuadrillas en sus respectivas actividades.

De la columna 45 a la 51, se calculó el equivalente a porcentaje de la calificación total de cada grupo de factores, utilizando la tabla 4 en donde se describe que porcentaje le corresponde a cada grupo según la calificación obtenida en el rango de cero a cinco.

En la columna 52, se calculó el porcentaje de afectación global que resulta del cálculo del promedio de los porcentajes de afectación de cada grupo, al igual que los otros este cálculo se hizo para cada día de medidas registrado.

En las columnas 53 y 54 se realizaron los cálculos de los valores normalizados de productividad y rendimientos que es uno de los objetivos de esta investigación, para esto fue tomada en cuenta la afectación global de los factores que afectan la productividad. La productividad normalizada fue calculada multiplicando la productividad observada en obra por el cociente entre el rendimiento normal descrito en la sección 2.3.3 y la afectación global.

### **3.5 ANALISIS DE RESULTADOS**

Para explicar los resultados obtenidos, es necesario hacerlo en forma individual para cada actividad estudiada. Además es necesario establecer los criterios de análisis de las muestras.

Para determinar el número de datos que se debían registrar en cada proceso, se utilizó el método Mundel, con un error aproximado del 5%.

Para el análisis estadístico que se le realizó a las muestras fue necesario definir por iniciativa de los investigadores ciertos parámetros como el nivel de confianza del 95%, el error admisible del 5%, y los datos son ajustados a una función de probabilidad normal.

A cada muestra se le calculó los intervalos de confianza (IC) para el rendimiento promedio, los IC indican el rango máximo y mínimo de valores dentro de los cuales existe la mayor probabilidad de encontrar el rendimiento promedio para el desarrollo de las actividades.

## CERAMICA DE PISO MARFIL LIGTH 40\*40

En la cerámica se encontró el rendimiento al cual trabaja la cuadrilla estudiada bajo la influencia de los factores de afectación y las características propias de la obra. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Rendimientos normalizados para la actividad cerámica de piso**

RDTO TIPO NORMALIZADO h-H/M <sup>2</sup>	
Promedio	0.41
Des. Estándar	0.02
V. min	0.39
V. Max	0.44
Dispersión	0.05

Utilizando la distribución normal encontramos que los límites de rendimientos con los que trabaja la cuadrilla son los siguientes:

**Tabla 7. Intervalos de confianza para la actividad cerámica de piso**

INTERVALOS DE CONFIANZA 95%	
Lim. Superior	0.42
Promedio	0.41
Lim. Inferior	0.40

Esto significa que el 95% de las veces que la cuadrilla realice esta actividad, se espera obtener un rendimiento en  $h-H/M^2$  entre (0.40 y 0.42), los datos muestran que el rendimiento de la cuadrilla presenta muy poca variación, razón por la cual la amplitud del intervalo es pequeña, lo que significa que tiene mayor precisión.

Figura 9. Diagrama de dispersión para la actividad cerámica de piso

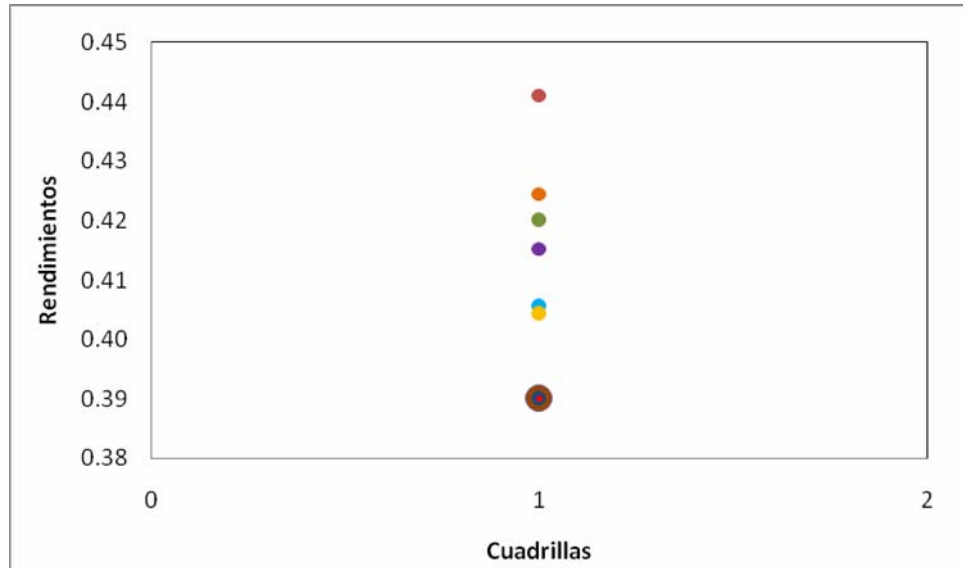
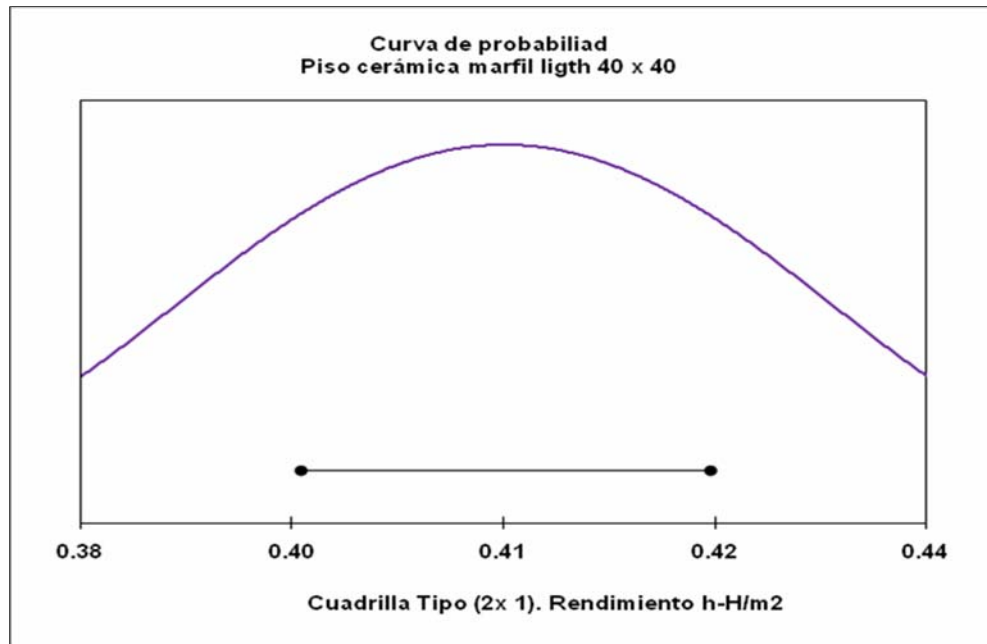


Figura 10. Intervalos de confianza para la actividad cerámica de piso



## MAMPOSTERIA BLOQUE

En la mampostería se encontró el rendimiento al cual trabaja la cuadrilla estudiada bajo la influencia de los factores de afectación y las características propias de la obra. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Rendimientos normalizados para la actividad mampostería en limpio**

RDTO TIPO NORMALIZADO h-H/M <sup>2</sup>	
Promedio	2.36
Des. Estándar	0.22
V. min	2.02
V. Max	2.41
Dispersión	0.39

Utilizando la distribución normal encontramos que los límites de rendimientos con los que trabaja la cuadrilla son los siguientes:

**Tabla 9. Intervalos de confianza para la actividad mampostería en limpio**

INTERVALOS DE CONFIANZA 95%	
Lim. Superior	2.43
Promedio	2.36
Lim. Inferior	2.29

Esto quiere decir que el 95% de las veces que la cuadrilla realice esta actividad, se espera obtener un rendimiento en  $h-H/M^2$  entre (2.43. y 2.29), los datos muestran que el rendimiento de la cuadrilla presenta muy poca variación, razón por la cual la amplitud del intervalo es pequeña, lo que significa que tiene mayor precisión.

Figura 11. Diagrama de dispersión para la actividad mampostería en limpio

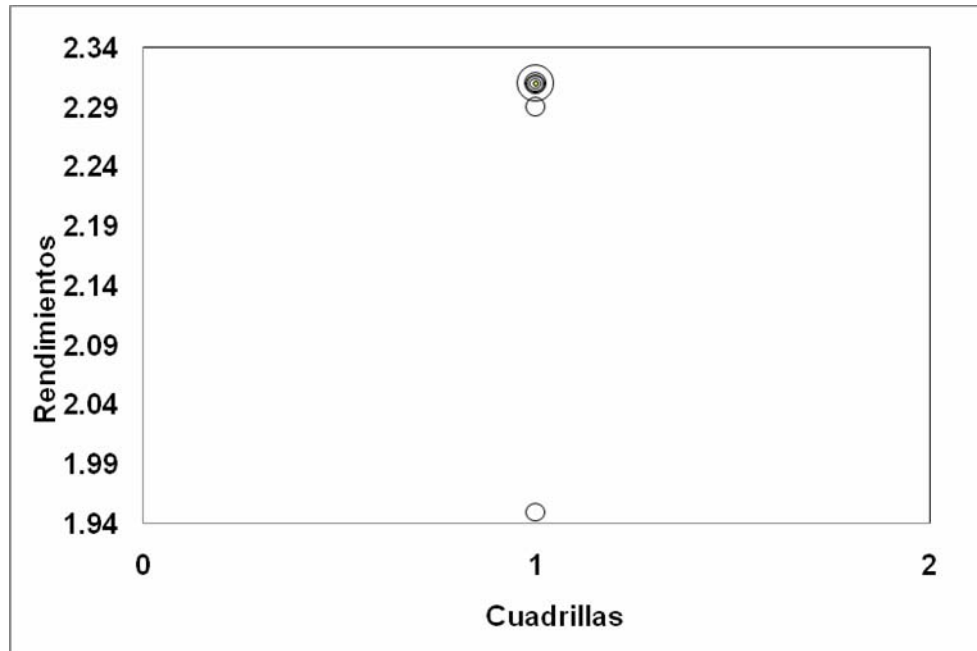
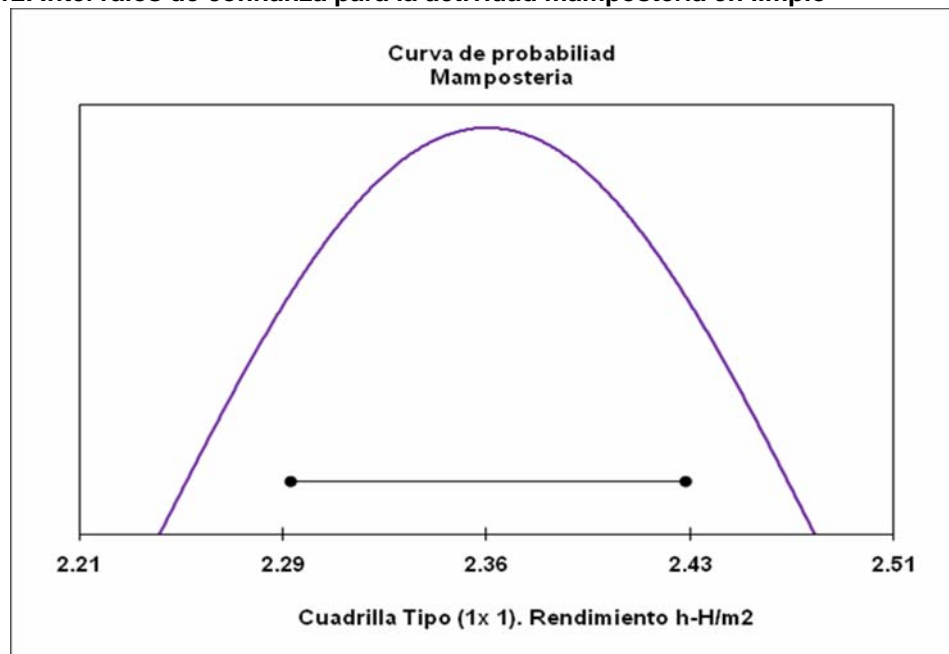


Figura 12. Intervalos de confianza para la actividad mampostería en limpio



## ESTUCO

En la actividad de estuco, encontramos datos mucho menos dispersos, variando solo en dos puntos el rango de datos, lo que hace pensar que el trabajo de la cuadrilla esta estandarizado para cada tipo de apartamento al que se le practicó esta actividad, el rendimiento al cual trabaja la cuadrilla estudiada bajo la influencia de los factores de afectación y las características propias de la obra se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 10 Rendimientos normalizados para la actividad estuco**

<b>RDTO TIPO NORMALIZADO h-H/M<sup>2</sup></b>	
Promedio	0.187
Des. Estándar	0.019
V. min	0.176
V. Max	0.223
Dispersión	0.046

Utilizando la distribución normal encontramos que los límites de rendimientos con los que trabaja la cuadrilla son los siguientes

**Tabla 11. Intervalos de confianza para la actividad estuco**

<b>INTERVALOS DE CONFIANZA 95%</b>	
Lim. Superior	0,199
Promedio	0,187
Lim. Inferior	0,175

Esto significa que el 95% de las veces que la cuadrilla realice esta actividad, se espera obtener un rendimiento en  $h-H/M^2$  entre (0.175. y 0.199), los datos muestran que el rendimiento de la cuadrilla presenta muy poca variación de esto depende que la amplitud del intervalo es pequeña.

Figura 13. Diagrama de dispersión para la actividad estuco

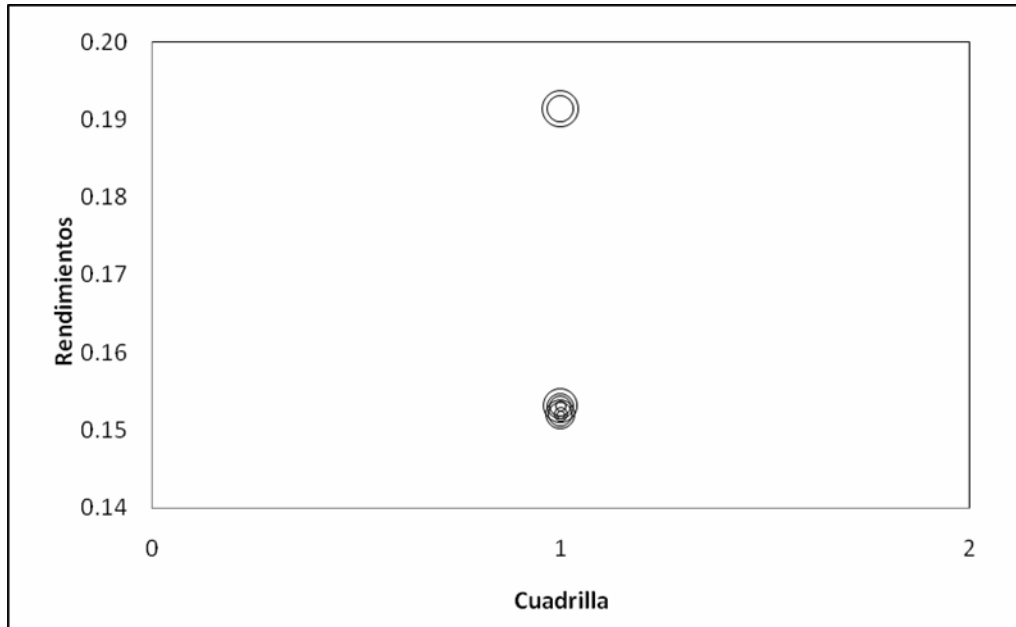
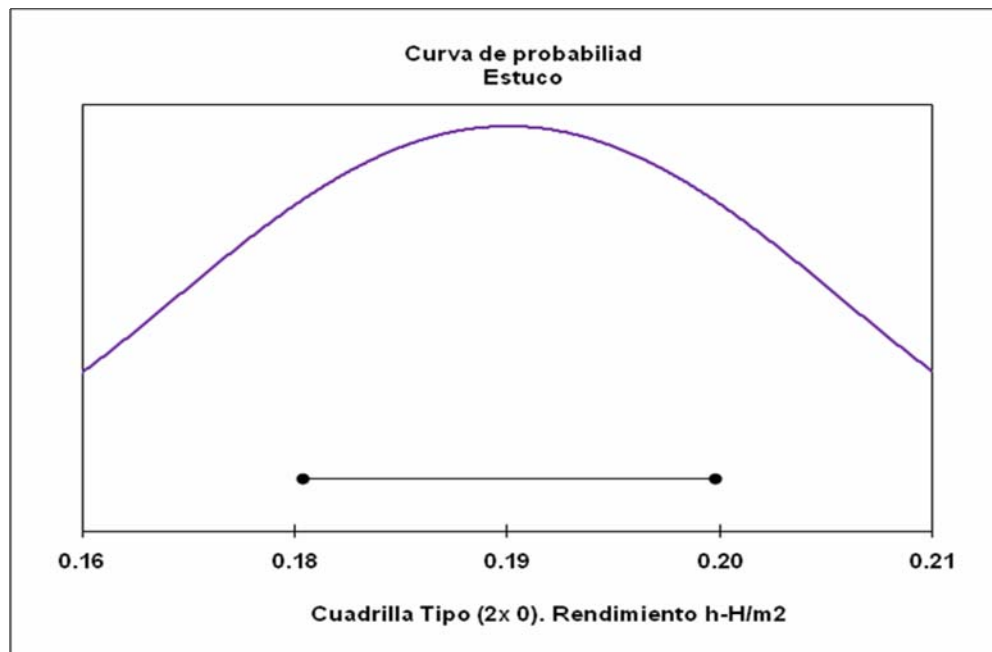


Figura 14. Intervalos de confianza para la actividad estuco



#### **4. SEGUNDA PARTE: IDENTIFICACION DE LAS PERDIDAS COMO HERRAMIENTA DE MEJORAMIENTO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION**

La medición del sistema actual de producción de un proceso constructivo, forma la base para el diseño e implementación de cualquier sistema para mejorarlo.

La identificación de las pérdidas o demoras en un proceso constructivo, se puede realizar a través de técnicas muy sencillas como muestreo de trabajo, encuestas de pérdidas y demoras, y cartas de balances de cuadrillas, que han sido utilizadas como medida indirecta de la productividad, ya que se presume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas se incrementa la productividad.

Se consideran pérdidas, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto. Por ejemplo las pérdidas en algunos procesos de construcción son las esperas ocasionadas por la falta de instrucción, de materiales, interferencias, etc.; transporte innecesario de materiales, obreros y equipos, por mala distribución de los recursos o deficiente planificación, entre otras.

En esta ocasión utilizaremos las herramientas de muestreo del trabajo que consiste en realizar un número (n) de observaciones cortas de las actividades que desarrollan los trabajadores.

El muestreo de trabajo tiene por objetivo establecer el porcentaje que con respecto al período total de tiempo se dedica a ciertas actividades.

Algunas características que definen particularmente esta técnica, son:

- Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos.
- Se aplica principalmente a la mano de obra y/o equipos.
- Las observaciones deben hacerse en forma aleatoria.

Entre sus ventajas están:

- Simple de ejecutar.
- Fácil de ejecutar.
- Estadísticamente confiable.
- Entrega información útil y actualizada.

Por medio de la técnica del muestreo del trabajo, realizaremos el estudio de las detenciones y demoras en cada uno de los procesos que se estudiarán, con el fin de identificar con más precisión las fuentes mas frecuentes de interrupciones y demoras en el desarrollo de cada actividad, para determinar de que manera se están desperdiciando o subutilizando los recursos, en este caso la mano de obra.

Para que estas sean efectivas, requieren confianza e interés por parte de los supervisores, además la administración de la obra debe mostrar la importancia que se le brinda a este estudio, ya que están dirigidos al mejoramiento de los problemas detectados.

Una vez establecido el objetivo del muestreo del trabajo, seleccionamos las categorías del trabajo a calificar, ya que definir las claramente ayuda a el cumplimiento de los objetivos del plan de muestreo.

#### **4.1 CATEGORIAS DE TRABAJO**

Categorías de trabajo de una tarea o actividad de construcción se compone de:

- Trabajo no contributivo no productivo:  
Cualquier actividad que no ayuden al avance o culminación del trabajo encargado, como pueden ser: caminar con las manos vacías, esperar que otro obrero termine su trabajo, fumar, etc.

- **Trabajo contributivo:**  
Aquel trabajo de apoyo, debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría: Recibir o dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar, limpiar, descargar un camión, etc.
- **Trabajo productivo:**  
Aquel que aporta en forma directa a la producción. Incluye actividades como la colocación de ladrillos, pintada de muros, enchape de piso, etc.

Una vez identificadas las causas de las pérdidas, se propone buscar la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando el tiempo no productivo (pérdidas). Esta medida presenta múltiples ventajas por su sencillez, la validación estadística, permite medir la variabilidad de las diferentes actividades durante la obra y permite detectar oportunidades de mejoramiento en los proyectos de construcción, situación no evidente utilizando sistemas tradicionales de control de producción.

**Figura 15. Composición normal del contenido del trabajo<sup>2</sup>.**



<sup>2</sup> SERPELL ALFREDO Administración de operaciones de construcción, Pág. 36

## 4.2 TOMA DE DATOS

Para el proceso de la tomas de datos es necesario realizar un recorrido por la obra, donde se inspeccionen los procesos que hacen parte del estudio.

La idea es que en instantes predeterminados aleatoriamente, el observador registre las actividades de la mano de obra que tiene a la vista. Es importante que se registre lo observado, y no las suposiciones de las actividades precedentes o siguientes.

Las observaciones hechas, se registrarán en el formato diseñado para este estudio ver anexo 6, donde se especificará la hora de la observación, y la descripción de la actividad que el obrero estaba realizando en ese instante.

Es necesario determinar el número de observaciones directas que se le realizarán a cada proceso, ya que en todas las ocasiones no es posible observar el día de trabajo consecutivamente de cada cuadrilla, lo que haremos entonces es trabajar con una muestra, entendiendo por tal una parte representativa del total de días del proceso.

## 4.3 TAMAÑO DE MUESTRA

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser elegidas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por lo tanto, los más recomendables.

Dentro de los métodos de muestreo probabilísticos encontramos uno que permite determinar el tamaño de la muestra cuando los datos son cualitativos, empleados en el análisis de fenómenos sociales, con el fin de verificar la ausencia o presencia de un fenómeno a estudiar como es el caso nuestro, donde se recomienda la utilización de la siguiente formula de aproximación:

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

Siendo:  $n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$

Donde:

$N$  Tamaño de la población (Total de días que dura cada proceso).

$\sigma^2$  Es la varianza de la población respecto a determinadas variables.

$s^2$  Es la varianza de la muestra, la cual podrá determinarse en términos de probabilidad como:  $s^2 = p(1 - p)$ .E

$se$  Es el error estándar que está dado por la diferencia entre  $(\mu - \bar{x})$  la media poblacional y la media muestral.

$(se)^2$  Es el error estándar al cuadrado, que nos servirá para determinar  $\sigma^2$ , por lo que  $\sigma^2 = (se)^2$  es la varianza poblacional.

De esta manera se calculará (n) para cada uno de los procesos estudiados, utilizaremos un error estándar del 5%, una probabilidad del 95%, y la programación de obra dada por la constructora INACAR, ya que es necesario conocer el total de los días en que desarrolla la actividad, con esto se conocerá el número de instantes en el que se deben realizar las observaciones directas a cada proceso.

Los resultados del proceso de cálculo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Resultados del tamaño de la muestra**

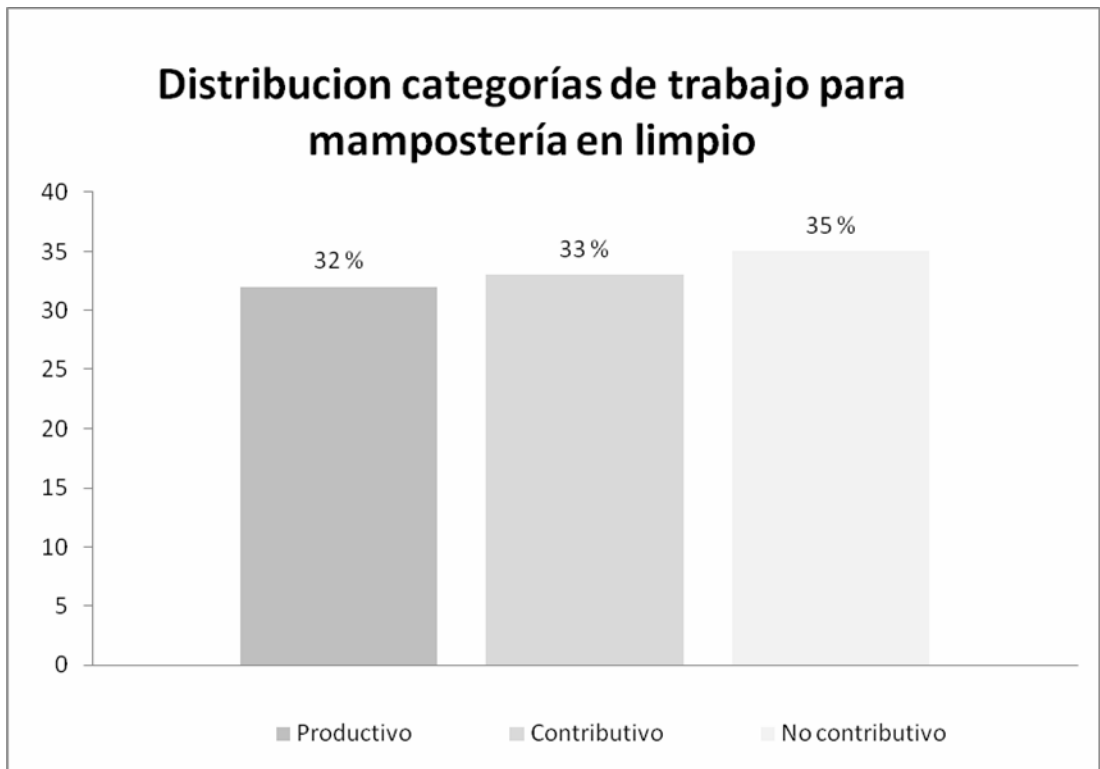
	<b>MAMPOSTERIA</b>	<b>CERAMICA</b>	<b>ESTUCO</b>
<b>N</b>	102	271	250
$se$	0.05	0.05	0.05
$\sigma^2$	0.0025	0.0025	0.0025
$s^2 = p(1 - p)$	0.0475	0.0475	0.0475
$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$	19	19	19
$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$	16	18	18

#### **4.4 ANALISIS DE LOS DATOS**

Para cada uno de los procesos analizados se cálculo que porcentaje en tiempo se dedicaba al desarrollo de las actividades productivas, actividades contributivas y actividades no contributivas. Dichos resultados se muestran a continuación.

## MAMPOSTERIA EN LIMPIO

Figura 16. Distribución categorías de trabajo para la actividad mampostería en limpio

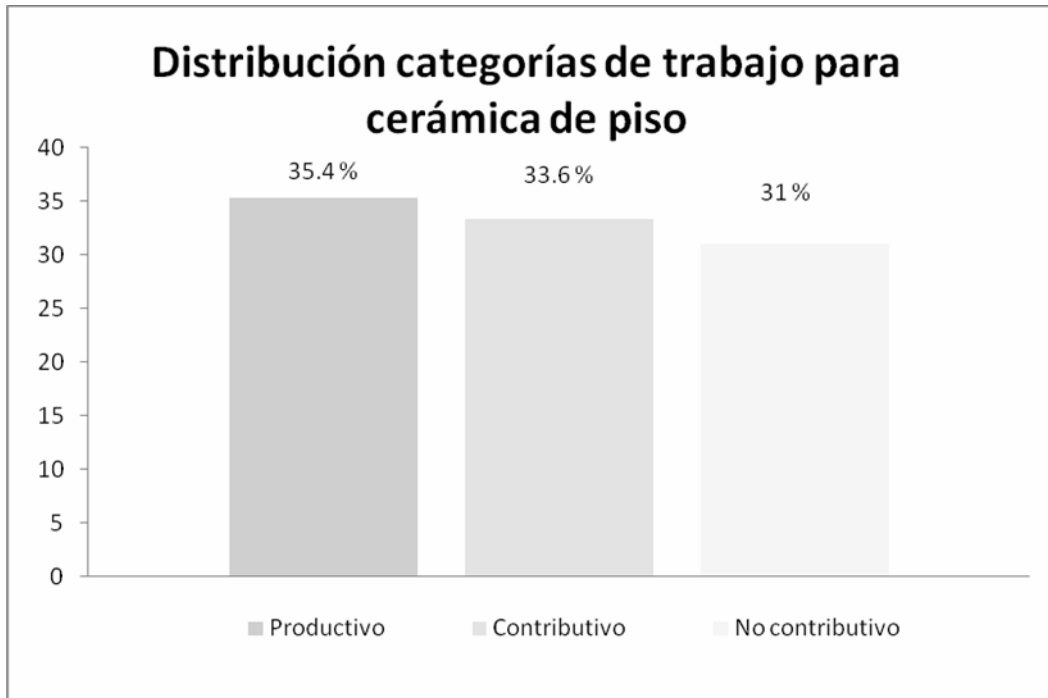


De acuerdo con los resultados anteriores, se observa que el 68% del tiempo laborado es dedicado a las actividades no productivas .

Identificadas las pérdidas, se concluyó que la mayor frecuencia de pérdidas y demoras se genera por las esperas y pausas del proceso constructivo, debido al retraso de los materiales y la falta de disponibilidad de algunas herramientas.

## CERAMICA DE PISO LIGHT 40\*40

Figura 17. Distribución categorías de trabajo para la actividad cerámica de piso

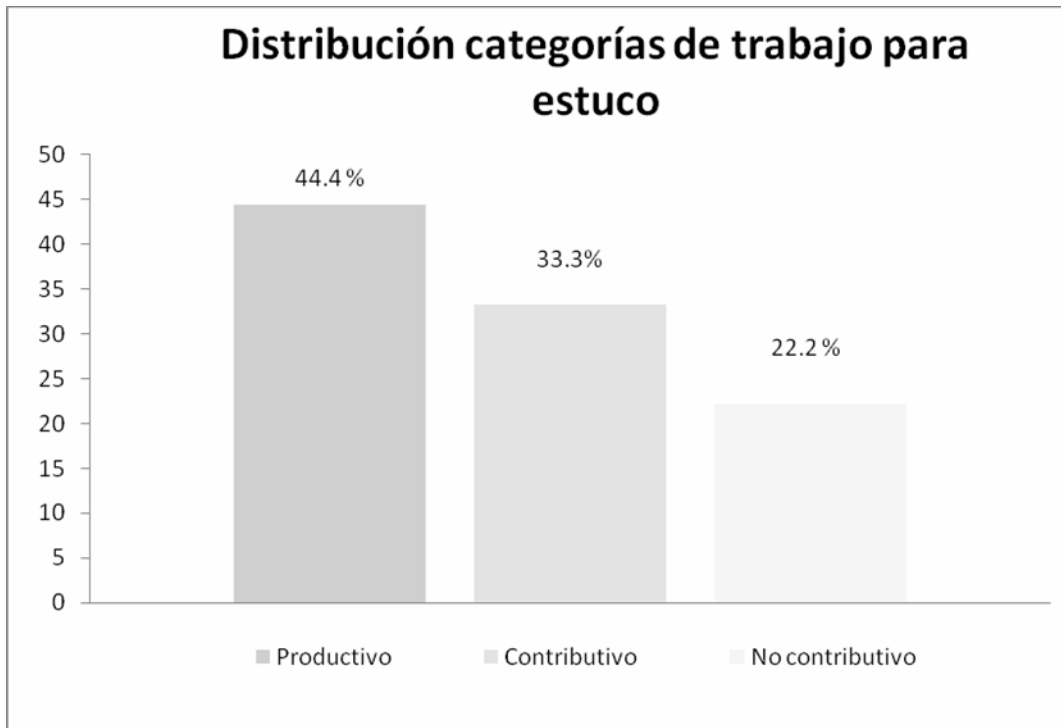


Con base en los resultados obtenidos, se observa que el 64.6% del tiempo laborado es dedicado a las actividades no productivas .

Las causas que originan las perdidas, dan a concluir que la mayor frecuencia de perdidas y demoras se genera por la falta de planeacion de las actividades, ya que este proceso no se realizó de manera continua debido a inconsistencias del proceso anterior (colocación de puertas en los aptos) y era necesario terminarlo para iniciar la actividad de ceramica de piso.

## ESTUCO

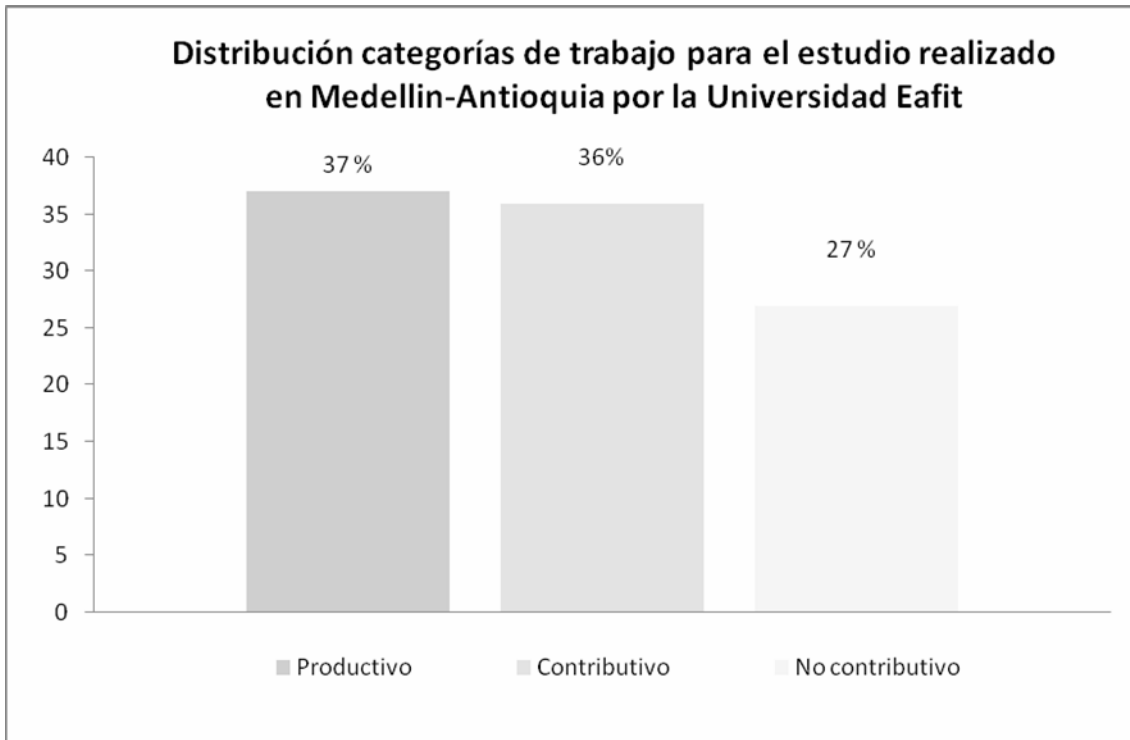
Figura 18. Distribución categorías de trabajo para la actividad estuco



En el desarrollo de este proceso, se observa que el 55.5% del tiempo laborado es dedicado a las actividades no productivas. Lo que a comparación con los demás procesos estudiados representa un mejor escenario para el desarrollo de las actividades, las demoras observadas en este proceso fueron causa de los retrasos en el material.

Haciendo un paralelo de los resultados arrojados por este estudio con uno realizado en la Universidad Eafit de Medellín en el año 2003, realizado a varias empresas constructoras, con lo que se pretendía establecer unos estándares para la ciudad a nivel de las categorías de trabajo en los procesos constructivos. Los resultados fueron los siguientes:

**Figura 19. Distribución General categorías caso Medellín**



**Fuente: Revista Universidad Eafit, Numero 130, año 2003**

De los estudios realizados por la Universidad Eafit, se tiene que el 37% del trabajo realizado es productivo, y un 36% contributivo, para un total de 73% de trabajo realizado para el avance de una actividad, lo que coincide con la hipótesis de una eficiencia del 70% por parte de los trabajadores en el desarrollo de las actividades.

El proceso de mampostería tiene un 65% del trabajo realizado dedicado al avance del proceso, pero se encuentra 5% por debajo del porcentaje estándar (70%) para la realización de la actividad.

El proceso de cerámica de piso tiene un 69% del trabajo realizado dedicado al avance del proceso, pero se encuentra 1% por debajo del porcentaje estándar (70%) para la realización de la actividad.

El proceso de estuco tiene un 77.7% del trabajo realizado dedicado al avance del proceso, se encuentra 7.7% por encima del porcentaje estándar (70%) para la realización de la actividad. Lo que demuestra que con menos pérdidas y demora aumenta la productividad.

## CONCLUSIONES

Con la realización de esta investigación, contribuimos al conocimiento de la productividad especialmente en los procesos de mampostería, estuco y cerámica de piso, lo cual puede ayudarnos a conocer un poco el desempeño de las empresas constructoras y el rendimiento de los trabajadores de la obra, además de servir como parámetro de mejoramiento en procesos futuros y como registro histórico de apoyo en los procesos de elaboración de presupuestos y programación de obra. De igual manera se identificaron ciertas prácticas que ocasionan problemas en el desarrollo de la obra, con lo cual es posible efectuar mejores soluciones que ayuden a no aumentar el costo ni el tiempo del proyecto.

Analizando los resultados se puede concluir:

- La metodología de evaluación de la productividad desarrollada en este trabajo, aunque se desarrolla en dos etapas, están muy relacionadas entre si, y es necesario desarrollarlas simultáneamente para obtener unos resultados mas precisos de lo que sucede en obra para estar en un proceso de mejora continua.
  
- Con el estudio de métodos, se realizó un trabajo que permitió analizar la forma (Secuencia), de como se realizan las actividades con el fin de establecer mejoras y determinar que actividades no contribuyen al mejoramiento de la productividad.
  
- En los métodos de análisis utilizados en la investigación, se mostraron y aplicaron metodologías que permiten evaluar los rendimientos la mano de obra y los diferentes factores que pueden afectar los índices de productividad, con el objeto de obtener beneficios administrativos para mejorar la planeación y el control sobre el sistema constructivo.
  
- La supervisión de la obra es una medida indispensable para el control y seguimiento de los procesos, ya que es una herramienta clave

para el reconocimiento de errores y un mecanismo para interrelacionar los diferentes procesos de la obra.

- La implementación de programas enfocados al mejoramiento, deben ir de la mano con la creación de una cultura de medición y evaluación. Como por ejemplo el muestreo del trabajo, que en este trabajo se convirtió en una herramienta útil para medir pérdidas, variabilidad en el desarrollo de los procesos de construcción.
  
- Categorizar el trabajo resulta ventajoso y de gran importancia, ya que de esa manera, es más sencillo identificar las actividades productivas, contributivas y no contributivas, para así de manera más rápida y efectiva corregir y disminuir los porcentajes de las actividades que no agregan valor al proyecto, ya que estas son las actividades que causan retrasos en las fechas de entrega, incumplimiento de metas y por lo tanto un aumento en el presupuesto.
  
- La identificación de pérdidas, se constituye como un paso importante en el desarrollo de cualquier programa de mejoramiento, ya que deja ver la manera como se está distribuyendo el tiempo de trabajo, mostrando así que porcentaje de este dedicamos a las actividades que agregan valor a los procesos constructivos.

## RECOMENDACIONES

Con lo analizado anteriormente tenemos una visión amplia de como se constituye la productividad en la obra, lo cual puede utilizarse para realizar una nueva planeación o tener en cuenta estos resultados al momento de realizar un nuevo proyecto, que permita un mejor control sobre los diferentes factores que afectan la mano de obra, sin que esto signifique un aumento en el costo del proyecto.

Este trabajo presenta una metodología sencilla de aplicar por parte de las empresas constructoras y además no representa ningún costo adicional, ya que puede ser realizada por cualquiera de los ingenieros encargados de la supervisión, para obtener información precisa y analizar el estado de la productividad en sus procesos con el fin de realizar mejoras.

Con base en lo anterior planteamos ciertas recomendaciones encaminadas al mejoramiento de la planeación y en general al aumento de la productividad de la mano de obra:

- Aplicar métodos y técnicas de control y seguimiento de la productividad eventualmente para conocer el estado de esta y así evitar desfases en costo y tiempo o efectuar mejoras a tiempo.
  
- Aumentar la supervisión en la obra por parte de los directores, residentes y auxiliares, ya que las revisiones las están realizando semanalmente, lo que deja gran parte de este trabajo a los contratistas o maestros, quienes no forman parte de la empresa y por lo tanto no están comprometidos con la misma.

## **BIBLIOGRAFIA**

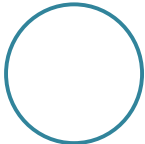
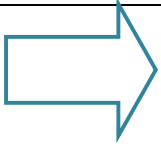



**OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO-OIT.** (1957) *Introducción al Estudio del Trabajo.* 2ª edición. Ginebra. 1973. 442p.

**SERPELL B. ALFREDO.** Administración de operaciones de construcción. Universidad Católica de Chile 2ª edición. Alfaomega Grupo Editor 2002.

**HERNANDEZ C. Triny Carolina.** Técnicas de medición de rendimientos de mano de obra. 2007

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Símbolos empleados en las cartas de proceso

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN
Operación		Acción producida o llevada a cabo. Generalmente se producen cambios como por ejemplo pegar un ladrillo, preparar una mezcla.
Transporte		Indica movimiento de los trabajadores, materiales, equipos de un lugar a otro dentro de la obra.
Almacenamiento		Ocurre cuando un objeto es depositado.
Retraso		Una espera temporal o retraso, producto de una secuencia no apropiada como por ejemplo materiales en espera, obreros en espera de herramienta
Inspección		Control de calidad o verificación de cantidades, medidas peso, etc.

**ANEXO 2. Clasificación de los factores de afectación.**

	<b>FACTORES</b>	<b>E=5</b>	<b>B=4</b>	<b>R=3</b>	<b>M=2</b>	<b>P=1</b>
<b>CLIMA</b>	Lluvia	Seco	Nublado	Llovizna	Aguacero	Tormenta
	Temperatura	Acondicionada	Fresca	Normal	Alta o baja	Extremas
	Lodo	Piso duro	Piso seco	Piso humedo	Charcos	Pantanero
	Cubierta	Sombray seco	Sombra y humedo	Sombra y seco	Sol y seco	Sol y lluvia
<b>ACTIVIDAD</b>	Dificultad	Muy facil	Fácil	Normal	Dificil	Muy dificil
	Peligro	Ningun riesgo	Normal	Moderado	Riesgosa	Peligrosa
	Interrupciones	ninguna	De 0 a 5 min.	De 15 a 20 min.	De 15 a 60 min.	Mayor a 1 hora
	Orden y aseo	Aseo total	Piso sucio	Transitable	Algun escombros	Dificil acceso
	Actividad precedente	Perfecta	Aceptable	Poco resane	Mucho resane	Repetir
	Tipicidad	Más de 20 repeticiones	De 15 a 20	De 10 a 15	De 5 a 10	De 1 a 5
	Tajo	Más de 20 unidades	De 10 a 20 unidades	De 5 a 10 unidades	De 2 a 5 unidades	Menos de 2 unidades
<b>EQUIPAMIENTO</b>	Herramienta	Especial	Adecuada	Común	Incomoda	Inadecuada
	Adecuado	Muy	Bastante	Adecuado	Poco	Inadecuado
	Confiabilidad	Total	Alta	Buena	Baja	Nula
	Disponibilidad	Repuesto	Siempre	A tiempo	Casi siempre	No disponible
	Elementos de porteccción	Todos	Casi todos	Básico	Algunos	Ninguno
<b>SUPERVISION</b>	Criterio de aceptación	Escritos	Verbales previos	Verbales	A ojo	Ninguno
	Instrucción	Documentos	Verbal previa	Requerida	Ocasional	Ninguna
	Seguimiento	Registro total	Registro parcial	Revisión siempre	Revisión eventual	Sin revisión
	Supervisor	Muy competente	Competente	Bueno	Regular	Malo
	Aseguramiento calidad	Sello Icontec	En proceso	Interventoria	Esfuerzos aislados	No importa
<b>TRABAJADOR</b>	Situación personal	Satisfactoria	Buena	Con altibajos	Triste	Neurñotico
	Cansancio	Veloz	Rápido	Normal	Lento	Agotado
	Habilidad	Experto	Habil	Normal	Torpe	Lerdo
	Conocimiento	Superiores	Buenos	Normales	Escasos	Ignorante
	Capacitación	Certificado	Expertos	Normal	Aprendiz	Ninguna
	Pereza	Entusiasta	Animado	Dispuesto	Resignado	De mala gana
	Buena fé	Comprometido	Leal	Cumplido	A regañadientes	Resentido



**ANEXO 4. Tabla de Mundel**

<b>A - B</b>	<b>Muestra</b>		<b>A - B</b>	<b>Muestra</b>		<b>A - B</b>	<b>Muestra</b>	
<b>A + B</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>A + B</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>A + B</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
0,05	3	1	0,21	52	30	0,37	162	93
0,06	4	2	0,22	57	33	0,38	171	98
0,07	6	3	0,23	63	36	0,39	180	103
0,08	8	4	0,24	68	39	0,40	190	108
0,09	10	5	0,25	74	42	0,41	200	114
0,10	12	7	0,26	80	46	0,42	210	120
0,11	14	8	0,27	86	49	0,43	220	126
0,12	17	10	0,28	93	53	0,44	230	132
0,13	20	11	0,29	100	57	0,45	240	138
0,14	23	13	0,30	107	61	0,46	250	144
0,15	27	15	0,31	114	65	0,47	262	150
0,16	30	17	0,32	121	69	0,48	273	156
0,17	34	20	0,33	129	74	0,49	285	163
0,18	38	22	0,34	137	78	0,50	296	170
0,19	43	24	0,35	145	83			
0,20	47	27	0,36	154	88			

**ANEXO 5.** Modelo de hoja de cálculo de rendimientos normalizados

FECHA	CDLLA	UN	CANT.	TIEMPO(H)	PRODUCTIVIDAD				RENTIMIENTO				
					Diaria		Horaria		Diario		Horario		
					M2/d-C	M2/d-H	M2/h-C	M2/h-H	d-C/M2	d-H/M2	h-C/M2	h-H/M2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

CLIMA	ACTIVIDAD	EQUIPOS	SUPERVICION	TRABAJADOR	ECONOMIA	LABORAL	AFECTACION	VALORES NORMALIZADOS	
								Productividad	Rendimiento
Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Global	M2/h-H	h-H/M2
18	26	32	38	42	43	44	52	53	54

**ANEXO 6.** Formato de encuestas de demoras.

<b>ENCUESTA DE RETENCIONES Y DEMORAS</b>		
<b>OBRA</b>	<b>FECHA</b>	
<b>PROCESO</b>	<b>HORA</b>	
<b>CUADRILLA</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>ACTIVO</b>	<b>INACTIVO</b>
<b>NO CONTRIBUTIVO</b>		
Esperando por material (bodega)		
Esperando por material (externo)		
Esperando por herramienta		
Esperando por equipo		
Modificaciones/rehacer trabajo (errores de diseño)		
Modificaciones/rehacer trabajo (errores de prefabricación)		
Modificaciones/rehacer trabajo (errores de construcción)		
Traslado a otras áreas de trabajo		
Esperando información		
Interferencia con otras cuadrillas		
Actividades personales		
Ocio		
<b>CONTRIBUTIVO</b>		
Transporte de elementos-materiales		
Retiro de herramienta/material		
Recibir o dar instrucciones		
Planificación del trabajo		
Lectura de planos		

