

**APOYO EN EL ESTUDIO SOBRE LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y
RENDIMIENTOS, CONSUMO DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPOS
UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES, BASADO EN EL
ANÁLISIS POR PRECIOS UNITARIOS**

TRINY CAROLINA HERNÁNDEZ CELIS



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

**APOYO EN EL ESTUDIO SOBRE LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y
RENDIMIENTOS, CONSUMO DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPOS
UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES, BASADO EN EL
ANÁLISIS POR PRECIOS UNITARIOS**

TRINY CAROLINA HERNÁNDEZ CELIS

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniera Civil
Modalidad Práctica Empresarial**

Director

GUILLERMO MEJÍA AGUILAR

Ingeniero Civil, Msc

Tutor

FABIO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por permitirme culminar con éxito esta etapa de vida

A mis padres por su apoyo incondicional

A todas aquellas personas que me apoyaron durante el transcurso de la práctica y el desarrollo de este proyecto, especialmente al ingeniero Guillermo Mejía Aguilar por su compromiso y recomendaciones.

CONTENIDO

| | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. PRIMERA PARTE: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL | 3 |
| 1.1 MARVAL S.A. | 3 |
| 1.2 OBRA ESTUDIADA..... | 4 |
| 1.2.1 SELECCIÓN DE LA OBRA A ESTUDIAR..... | 4 |
| 1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA ESTUDIADA..... | 5 |
| 2. SEGUNDA PARTE: MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA | 11 |
| 2.1 PROGRAMACIÓN DE OBRA EXISTENTE..... | 11 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ACTIVIDADES..... | 11 |
| 2.3 LEY DE PARETO O REGLA DEL 80/20 | 12 |
| 2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO | 13 |
| 2.3.2 RESULTADOS DEL MÉTODO DE SELECCIÓN | 14 |
| 2.4 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES | 16 |
| 3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA | 18 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN..... | 18 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.2 | BASE DE TRABAJO | 20 |
| 3.3 | PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA | 21 |
| 3.4 | CATEGORÍAS QUE AFECTAN UN RENDIMIENTO..... | 23 |
| 3.4.1 | PORCENTAJE DE AFECTACIÓN DE CADA GRUPO..... | 24 |
| 3.5 | FACTORES DE AFECTACIÓN | 26 |
| 3.5.1 | ECONOMÍA GENERAL..... | 26 |
| 3.5.2 | CLIMA | 27 |
| 3.5.3 | OBRA | 28 |
| 3.5.4 | EQUIPAMIENTO | 30 |
| 3.5.5 | SUPERVISIÓN | 31 |
| 3.5.6 | LABORALES | 33 |
| 3.5.7 | TRABAJADOR..... | 35 |
| 3.6 | CÁLCULO DE LOS RENDIMIENTOS NORMALIZADOS | 37 |
| 4. | CAPTACIÓN DE DATOS EN OBRA..... | 39 |
| 4.1 | DATOS INDISPENSABLES | 39 |
| 4.1.1 | DISEÑO DEL FORMULARIO..... | 41 |
| 4.2. | TOMA DE DATOS | 43 |
| 4.3 | LEVANTAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD A MEDIR | 43 |
| 5. | ANÁLISIS DE LOS DATOS MEDIDOS..... | 45 |
| 5.1 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | 45 |
| 5.1.1 | FRISO..... | 45 |
| 5.1.2 | PISO CERÁMICA MARFIL LIGTH 40x40..... | 49 |
| 5.1.3 | MAMPOSTERÍA EN BLOQUE E11 | 52 |

| | |
|------------------------------------------------|----|
| 5.1.4 ESTUCO..... | 54 |
| 5.2 EFECTO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN | 56 |
| CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 60 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Resultados Obtenidos de la Ley de Pareto (2 Pisos) | 15 |
| Tabla 2. Resultados Obtenidos de la Ley de Pareto (2 Pisos y Altillo) | 16 |
| Tabla 3. Escala de Eficiencia de Rendimientos..... | 23 |
| Tabla 4. Categorías que Afectan el Rendimiento o Productividad de la Mano de Obra | 23 |
| Tabla 5. Porcentajes de Afectación de Cada Grupo | 25 |
| Tabla 6. Calificación y Rango de las Categorías que Afectan los Rendimientos de Mano de Obra. | 25 |
| Tabla 7. Rendimiento Promedio Normalizado en $h-H/m^2$ para la actividad de Friso..... | 46 |
| Tabla 8. Intervalos de Confianza para la actividad de Friso..... | 47 |
| Tabla 9. Rendimiento Promedio Normalizado en $h-H/m^2$ Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40..... | 49 |
| Tabla 10. Intervalos de Confianza para la Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40. | 50 |
| Tabla 11. Intervalos de Confianza para la Actividad de Mampostería en Bloque E11. | 53 |
| Tabla 12. Intervalos de Confianza para la Actividad Estuco..... | 55 |
| Tabla 13. Rendimientos Promedios en $h-H/m^2$ | 56 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ilustración 1 Plano Urbanístico Urbanización SAN FRANCISCO DE LA CUESTA..... | 6 |
| Ilustración 2 Actividades del Alcantarillado..... | 7 |
| Ilustración 3. Cimentación Manzana i. | 8 |
| Ilustración 4. Diagrama de dispersión para la Actividad de Friso..... | 46 |
| Ilustración 5. Intervalos de Confianza para C1 de Friso..... | 47 |
| Ilustración 6. Intervalos de Confianza para C2 de Friso..... | 48 |
| Ilustración 7. Intervalos de Confianza para C3 de Friso..... | 48 |
| Ilustración 8. Diagrama de Dispersión para la Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40..... | 50 |
| Ilustración 9. Intervalos de Confianza para C1 de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40..... | 51 |
| Ilustración 10. Intervalos de Confianza para C2 de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40..... | 51 |
| Ilustración 11. Diagrama de dispersión para la Actividad de Mampostería en Bloque E11. | 52 |
| Ilustración 12. Intervalos de Confianza para C1 para la Actividad de Mampostería en Bloque E11. | 53 |

Ilustración 13. Diagrama de dispersión para la Actividad de Estuco.....54

Ilustración 14. Intervalos de Confianza para C1 de Estuco.....55

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| ANEXO 1. FORMULARIO DISEÑADO PARA LA TOMA DE DATOS..... | 62 |
| ANEXO 2. CUADRO DE REFERENCIA PARA CALIFICAR LOS FACTORES.. | 63 |
| ANEXO 3. MODELO DE LA TABLA DE DATOS UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO..... | 64 |

RESUMEN

TÍTULO:

APOYO EN EL ESTUDIO SOBRE LA MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTOS, CONSUMO DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES, BASADO EN EL ANÁLISIS POR PRECIOS UNITARIOS.*

AUTOR:

HERNÁNDEZ CELIS, Triny Carolina **

PALABRAS CLAVES:

Productividad, Productividad de la Mano de Obra, Factores de Afectación, Rendimiento, Rendimiento normalizado.

DESCRIPCIÓN:

Con el desarrollo del presente proyecto de grado se describe la metodología aplicada en uno de los proyectos ejecutados por la constructora MARVAL S.A., para el seguimiento y medición de productividad de la mano de obra. Esta metodología fue empleada en el estudio RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA, realizado por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V., en el año 2000.

El estudio de rendimientos se aplicó a cuatro actividades típicas del sector de la construcción. Con los valores obtenidos en cada observación realizada, se creó una base de datos de rendimientos normalizados para cada una de las actividades, la cual servirá de referencia para obras de características similares que desarrolle la empresa.

Estudios como el presente, permiten ejercer una labor eficiente en la planeación y el control de los distintos procesos constructivos, de la misma manera evalúan los costos ocasionados por la mano de obra. La medición de la productividad comprende una de las actividades que deben ser realizadas para alcanzar su mejoramiento, y la optimización de los recursos empleados en ella. Cabe mencionar que la mano de obra es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual dependen en gran medida los demás recursos, como lo son materiales, equipos y maquinaria.

* Proyecto de Grado. Modalidad Práctica Empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas UIS , Escuela de ingeniería Civil, Director: Ing. Guillermo Mejía Aguilar.

SUMMARY

TITLE:

ASSISTANCE ON THE STUDY FOR MEASURING THE PRODUCTIVITY, ENDURANCE, MATERIAL CONSUMPTION, WORKMANSHIP AND EQUIPMENT USED IN THE EXECUTION OF CONSTRUCTIVE ACTIVITIES, BASED ON THE UNIT PRICE ANALYSIS. *

AUTHOR:

HERNÁNDEZ CELIS, Triny Carolina **

KEY WORDS:

Productivity, Workmanship Productivity, Modifying Factors, Endurance, Normalized Endurance.

DESCRIPTION:

Through the development of this thesis project, the author describes the methodology applied in one of the current projects of the construction company MARVAL S.A. for the following and measurement of workmanship productivity. This methodology was applied earlier and published in the study Productivity and Consume of Workmanship, carried out by engineers Antonio Cano R. and Gustavo Duque V. during the year of 2000.

In this project, the following and control of productivity was applied to four characteristic activities of the construction business. A data base of normalized productivity was created based on the values measured and normalized for each activity; this database will be of interest for the development of new construction projects that the company may perform under similar conditions.

Studies such as this allow an efficient planning and control of a variety of constructive processes, moreover they help evaluating and predicting the costs associated with workmanship. Measurement and control of workmanship productivity is one of the main actions that should be taken in order to take the most of available resources. It is worth mentioning that workmanship is the one factor that controls the rate of development of the construction, affecting all others resources associated with equipment, materials and machinery.

* Degree Project.

**UIS Faculty of Physical - Mechanical Engineering, School of Civil Engineering, Director: Eng. Guillermo Mejía Aguilar.

GLOSARIO

ACTIVIDAD es la 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.

ANÁLISIS DE CORTE TRANSVERSAL, estudio estadístico que se realiza tomando información de un conjunto de unidades en un punto determinado en el tiempo y examinando las variaciones en la información a través de las unidades.

PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA es la cantidad de obra de una actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, conformada por uno o varios obreros, realizada en un periodo de tiempo (hora-Hombre, día-hombre).

DESVIACIÓN ESTÁNDAR es una medida de dispersión para variables que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable. La varianza muestral es obtenida al evaluar solo una muestra de la población analizada.

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN, gráfico estadístico en el que se representan sobre unos ejes cartesianos los puntos de una distribución bidimensional. A cada individuo de la muestra le corresponde un punto y todos ellos dan lugar a una nube de puntos o diagrama de dispersión. La forma que presenta esta nube de puntos refleja el grado de correlación entre las dos variables.

DURACIÓN es el lapso de tiempo transcurrido entre la iniciación de una actividad y su terminación completa.

EFICACIA es la capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

EFICIENCIA es la 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 AFECTACIÓN son el conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad.

INTERVALO DE CONFIANZA, rango de valores alrededor de un parámetro muestral en los que, con una probabilidad o nivel de confianza determinado, se situará el parámetro poblacional a estimar. A menor nivel de confianza el intervalo será más preciso, pero se cometerá un mayor error.

NORMALIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA se entiende como la operación matemática utilizada para transformar los datos obtenidos en la medición de rendimientos evaluando la influencia de cada una de las categorías en que se clasifican los diferentes factores a valores básicos o normalizados.

PROMEDIO O MEDIA ARITMÉTICA, para una cantidad finita de números, es igual a la suma de todos ellos dividida entre el número de sumandos. Es la medida más común de localización de un grupo de datos. La media aritmética se conoce también como media muestral.

RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA es la 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 de la productividad.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas dedicadas a la construcción en Colombia utilizan herramientas de planeación para la estimación y el control de los costos presentes en las obras civiles. Sin embargo, es usual que los presupuestos previstos en las etapas de diseño resulten poco útiles durante el desarrollo de los procesos constructivos, debido a que las consideraciones iniciales del diseñador no se adaptan a las condiciones reales de obra, en la mayoría de casos.

Se hace evidente que una de las principales razones de esta falencia es la incertidumbre presentada al realizar el cálculo de los rendimientos de la mano de obra de las diversas actividades involucradas en los proyectos. La información disponible no ha sido unificada formalmente, y presenta una amplia dispersión que varía según la fuente consultada. La necesidad de identificar, presentar y evaluar una metodología de recolección, normalización y afectación de rendimientos que permitan ejercer una labor eficiente de planeación y control de los procesos constructivos, es la motivación de este estudio.

El análisis de los resultados obtenidos pretende establecer una base de datos de rendimientos normalizados de cuatro actividades típicas del sector de la construcción, medidas en uno de los proyectos ejecutados por la constructora MARVAL S.A.. Esta base datos servirá de referencia para obras de características similares desarrolladas por la empresa.

Para normalizar los datos medidos se encontró que existen ciertos parámetros que afectan los rendimientos según las condiciones del entorno en que se desarrolla la actividad. Es por eso que se hablará de todas las categorías en las cuales se clasifican dichos parámetros, haciendo énfasis en aquellos que aplican para las condiciones de la obra donde se empleó el procedimiento.

Cabe resaltar que la generación de una base de datos completa, es decir que abarque en su totalidad todas las actividades presentes en la construcción es una tarea ardua. Se espera que los lectores de este libro se sientan motivados a continuar este estudio en rendimientos, para que en el futuro, todos dispongamos de esta valiosa información.

1. PRIMERA PARTE: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.1 MARVAL S.A.

Marval S.A. es una empresa comprometida con el desarrollo del país y con la vivienda de los colombianos, por lo cual desarrolla proyectos de vivienda, centros comerciales y grandes obras de ingeniería en todo el territorio Colombiano.

MARVAL (MARÍN VALENCIA) nace como persona Jurídica el 24 de diciembre de 1976 en Bucaramanga. Primero fue Sociedad Limitada, convertida en Anónima en 1995.

Desde esa fecha ha ejecutado múltiples proyectos en Bucaramanga y su área metropolitana. Sin embargo el CENTRO INTERNACIONAL DE NEGOCIOS LA TRIADA, con 30.000 m² de construcción, en el centro de la ciudad, destinado a oficinas, hotel, centro financiero y cafetería, ha sido considerado por la empresa como una de las obras construidas más significativas en esta región.

Con la política “CONSTRUCCIÓN CON CALIDAD Y PROYECCIÓN HUMANA”, incursionó en la ciudad de Bogotá con proyectos importantes. Allí se pueden resaltar: ALEJANDRA, de 1.100 apartamentos y PRADOS DE CASTILLA con 2.400 viviendas. También han estado presentes en el desarrollado de proyectos de interés prioritario, en programas organizados por el Distrito de Bogotá Metrovivienda, en urbanizaciones con un total de 2000 unidades habitacionales. Adicionalmente, el proyecto de ciclo ruta LA ALAMEDA EL PORVENIR II se ha convertido en el paseo peatonal más ancho y largo de Latinoamérica. La empresa ha aportando también en el sistema de buses articulados de la capital:

Transmilenio. En el año 1996 iniciaron las operaciones en la Costa Atlántica con importantes proyectos de vivienda en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla, donde continúan ofreciendo diferentes soluciones habitacionales.

Igualmente, en el Occidente del país MARVAL cuenta con sucursales en las ciudades de Cali y Palmira, aportando desarrollo en esa región. En Medellín, a partir del año 2001, participa en la construcción de importantes conjuntos multifamiliares en el poblado, uno de los sectores más exclusivos de la ciudad.

También ha participado en iniciativas gubernamentales como en el desarrollo de los más importantes Centros Penitenciarios del País y de Latinoamérica.

La Sociedad cuenta con la implementación y Certificación de Calidad ISO 9001 Versión 2000.

1.2 OBRA ESTUDIADA

1.2.1 SELECCIÓN DE LA OBRA A ESTUDIAR

Para realizar las observaciones y obtener rendimientos de mano de obra es necesario seleccionar el proyecto en el cual se desarrollarán las mediciones. Según lo expuesto en la metodología tomada como base para el presente estudio¹, la obra debe cumplir con las siguientes características:

¹ SENA-CAMACOL. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra, Pág 46.

- Obras con un alto número de repeticiones
- Obras altamente organizadas
- Obras en las cuales se tenga continuidad en las cuadrillas que ejecutan las actividades

Con estos criterios se seleccionó el proyecto de viviendas SAN FRANCISCO DE LA CUESTA, el cual se describe de forma general así:

1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA ESTUDIADA

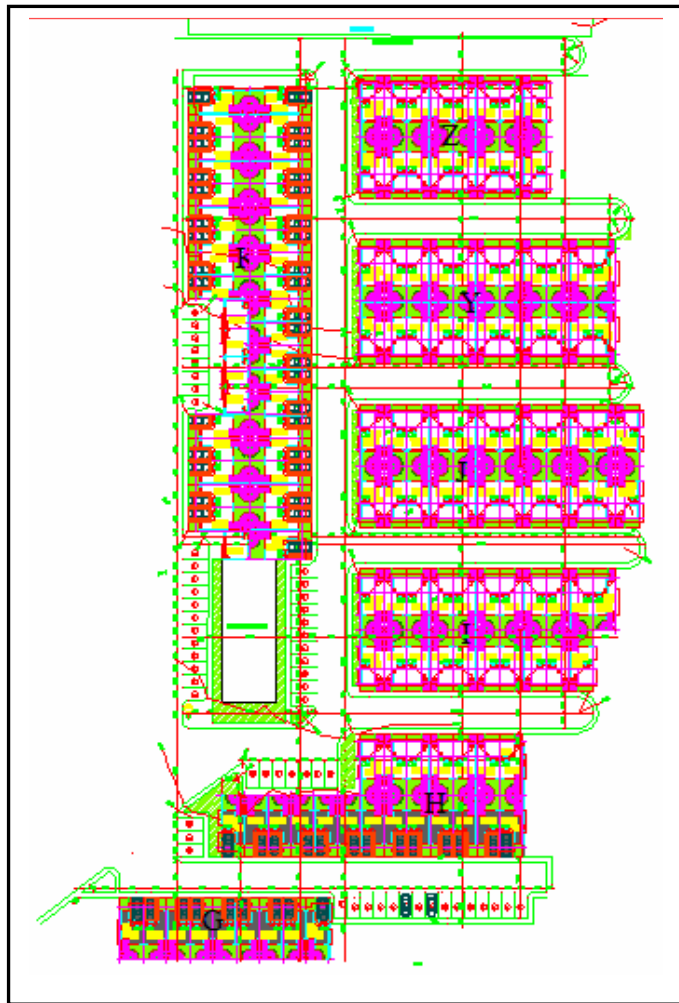
El proyecto SAN FRANCISCO DE LA CUESTA localizado en el municipio de Piedecuesta, Santander; actualmente consiste en la construcción del urbanismo interno de siete manzanas constituidas por 146 viviendas nuevas con acabados completos y cinco locales (como se observa en la figura 1). Además cuenta con aproximadamente 17353 m² de área.

Del total de las viviendas que se pretende ejecutar, tan sólo 45 casas son de dos pisos mientras que el resto (101) hacen parte del grupo de las casas de dos pisos más altillo. El área promedio construida de las viviendas es de 76 m² y 103 m² respectivamente.

La construcción de la primera etapa del proyecto inició a partir del primero de noviembre de 2006. En ella se encontró que existían dos fases las cuales fueron denominadas E1F1 y E1F2. A la fase E1F1 conformada por viviendas de dos pisos pertenecían las manzanas Y y Z, mientras a E2F2 pertenecía la manzana K. Cabe resaltar que las mediciones efectuadas para las actividades de Mampostería

en Bloque E11y Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40 se realizaron para las casas de la manzana K. Por su parte las actividades de estuco y friso se midieron en las casas de las manzanas Y y Z. En el capítulo dos se describirá como se realizó la elección de estas actividades.

Ilustración 1 Plano Urbanístico Urbanización SAN FRANCISCO DE LA CUESTA.



Fuente: Departamento de Ingeniería MARVAL.

Las actividades efectuadas por el urbanismo se llevaron a cabo simultáneamente con la construcción de las obras de vivienda, lo cual en ocasiones dificultó la

descarga de materiales en algunos sectores. En la figura 2, donde se muestra la ejecución de un tramo del diseño sanitario del proyecto, los números 1 y 2 indican respectivamente las excavaciones pertinentes para los tramos pluvial y sanitario, dejando claro que fueron realizadas conjuntamente. En la foto se aprecia la diferencia de altura (h) que existe entre las bateas de ambas tuberías.

Ilustración 2 Actividades del Alcantarillado.



Fuente: El Autor.

El día lunes ocho de mayo del 2007 se iniciaron las actividades de cimentación de las manzanas i y J de la etapa dos. Es preciso mencionar que para la construcción de cada manzana las terrazas y taludes que comprenden cada lote son debidamente conformados en el terraceo siguiendo el diseño topográfico.

Debido a las características topográficas del terreno se diseñaron terrazas con cambios de nivel, como la mostrada en la figura 4 correspondiente a la manzana i.

Allí observamos que la terraza del costado occidental (parte derecha) se encuentra dos metros por debajo que la del costado oriental (parte izquierda). Al mismo tiempo se aprecian las actividades de Mampostería en Bloque E11 y de cimentación efectuadas respectivamente.

Ilustración 3. Cimentación Manzana i.



Fuente: El Autor.

Para prevenir y mitigar el efecto que se presentaría por la saturación de aguas lluvias que descienden hacia los patios de las viviendas mas bajas, se diseñó y construyó un filtro en material rocoso recubierto con geotextil el cual será el encargado de recoger y conducir estas aguas hasta los desagües de las viviendas.

El almacén y el campamento de la obra se encuentran ubicados aproximadamente a 150 m de la zona mas alejada de trabajo, el acarreo interno diariamente es realizado por los mismos trabajadores. Sin embargo, cuando se requiere, algunos materiales o herramientas son transportados en camioneta o en volqueta según la necesidad de la actividad. Diariamente se realiza la limpieza de escombros y es preciso mencionar que el aseo es una de las costumbres exigidas por el ingeniero residente de la obra.

La obra cuenta con agua conectada por un paso provisional de 1/2". La electricidad se suministra mediante dos conexiones provisionales que proporcionan el servicio a los diferentes sectores.

El horario laboral normal en la obra es de lunes a viernes de 7 a.m. hasta las 5:00 p.m. Los sábados se trabaja de 7-10 a.m. El tiempo destinado para el almuerzo es desde las 12 a.m. hasta la 1 p.m., los horarios de descanso durante el día son a las 9 a.m. y a las 3 p.m. Cabe mencionar que todas las actividades de la obra son subcontratadas por el maestro, por lo cual los trabajadores realizan las actividades casi en horario normal los días sábados.

El personal de la empresa en la obra se encuentra conformado por:

- Ingeniero Residente
- Ingeniero Residente Auxiliar
- Practicante de Ingeniería
- Almacenista
- Almacenista Auxiliar
- Técnico de Almacén

Cuando las actividades lo requieren se cuenta con la participación de la comisión de topografía encargada de la localización y los levantamientos topográficos.

Para el pago a los diferentes contratistas el ingeniero auxiliar o el residente de obra realiza el respectivo corte de obra, el cual se lleva cabo veintenalmente. Para ello se reúnen ambas partes y se miden las cantidades ejecutadas.

2. SEGUNDA PARTE: MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

Antes de iniciar el estudio de los rendimientos de la mano de obra, fue necesario seleccionar las actividades que serían medidas. Para ello se tuvieron en cuenta los criterios que se describen a continuación:

2.1 PROGRAMACIÓN DE OBRA EXISTENTE

La programación de obra existente fue el primer criterio evaluado para seleccionar las actividades medidas. Esta programación fue útil, pues indicó que las obras de vivienda presentaban actividades con un mayor número de repeticiones por ejecutar, comparadas con las obras de urbanismo. Por lo cual el estudio se centró en estas actividades.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ACTIVIDADES

Para adelantar la medición de rendimientos de mano de obra en las diferentes actividades de la construcción, es indispensable que las actividades a medir cumplan ciertas características.² Estas son:

² SENA-CAMACOL. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra, Pág 23.

Definida es la característica que indica que las actividades deben tener un procedimiento y un ámbito de ejecución claramente definido y establecido.

Cerrada es la característica de ejecutar la actividad y dejar acabada la obra o de permitir la iniciación de una nueva actividad sobre ella. Para ello es necesario que se inicie desde el principio y culmine en su terminación.

Representativa es la característica que indica validez en las observaciones. Para formar una base de datos de rendimientos, y que a su vez se puedan comparar con distintas fuentes, la actividad no debe tener pasos que varíen de una obra a otra. Sólo se deben incluir aquellas cuyos pasos sean comunes dentro de una actividad, independientemente de las condiciones circunstanciales de la obra donde se tomen.

Típica, en estudios como el presente, debe preferirse la selección de actividades comunes en el sector de la construcción.

Normal, las condiciones en que se realiza la actividad que va a ser medida deben ser lo más cercanas al punto de afectación neutro por los factores que pueden afectar un rendimiento. Dichos factores se verán más adelante.

2.3 LEY DE PARETO O REGLA DEL 80/20

Para administrar de manera eficiente existe una herramienta denominada como la Ley de Pareto. Su principio es claro en describir que el 20% de una serie de factores es responsable del 80 % de los impactos que los generan.

En el campo de la construcción ha sido muy utilizado para identificar claramente el 20% de las actividades del proyecto que generan el 80% del presupuesto en obra. Es por tal motivo que los resultados arrojados por este método se convirtieron en fuente de interés y de estudio en esta tesis de grado.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO

Para realizar la clasificación de las actividades por medio de la Ley de Pareto, es necesario contar con el presupuesto de obra del proyecto. Sin embargo, las actividades presentes en las obras de vivienda se encontraban descritas en dos presupuestos diferentes, los cuales a su vez pertenecían a cada de tipo de vivienda (dos pisos y dos pisos más altillo). Lo anterior indica que el procedimiento descrito a continuación se realizó para cada estilo de vivienda.

Cada presupuesto de obra contenía información detallada de cada actividad involucrada en la construcción de una unidad de vivienda. Dichos datos eran la cantidad, unidad, el valor unitario y el valor parcial. Así mismo el presupuesto mostraba el valor obtenido de la sumatoria de todas las actividades mencionadas, es decir, el valor total demandado para la construcción de una sola vivienda. De esta manera si se quería obtener el valor del proyecto era necesario multiplicar este último dato por el número de viviendas que se pretende construir.

Disponiendo de una hoja electrónica se ordenó en columnas la información contenida en los presupuestos de la siguiente manera: descripción o actividad, cantidad, unidad, valor unitario y valor parcial. Luego se agregaron tres columnas a la derecha denominadas: valor acumulado, % valor acumulado / valor total, y % de incidencia.

En el menú Datos de Excel se eligió la función ordenar descendientemente la columna valor parcial, con el fin de tener en las primeras filas las actividades cuyo valor de ejecución fueran mayores. En la columna siguiente (valor acumulado), se acumularon los datos de la columna valor parcial progresivamente, encontrándose en la última fila el valor del total de las actividades.

En la siguiente columna (% valor acumulado / valor total), se calculó el porcentaje de cada valor acumulado con respecto al costo total del proyecto. De esta manera se visualizaron las actividades más representativas del proyecto. Es decir las actividades que se encontraron en el rango de 0-80% según el análisis efectuado. Por último se obtuvo el porcentaje de incidencia de cada actividad (ver tabla 1).

2.3.2 RESULTADOS DEL MÉTODO DE SELECCIÓN

Al realizar el procedimiento descrito anteriormente para las viviendas de dos pisos y dos pisos más altillo, se encontró que el 80% del presupuesto de obra era ocasionado por la ejecución de 39 y 37 actividades respectivamente. Estas cifras representaron en porcentaje un 29% del total de las actividades presentes en el presupuesto. Cada presupuesto, dividido a su vez en ocho capítulos contenía 131 actividades en total.

A continuación se presentan las tablas 1 y 2 con los resultados obtenidos a partir de la clasificación por Pareto.

Sin embargo debido a que los resultados obtenidos arrojaron un número grande de actividades por medir, fue necesario involucrar otro criterio de selección el cual describiremos en la siguiente parte. Vale la pena mencionar que la base de este nuevo análisis son los resultados obtenidos por medio de la ley de Pareto.

Tabla 1. Resultados Obtenidos de la Ley de Pareto (2 Pisos)

| No | Descripción | Cantidad | U M | % Vr Acum/ Vr | % Inc |
|----|----------------------------------|----------|-----|------------------|-------|
| 1 | MAMP. EN BLOQUE E-11 | 120 | M2 | 8,1 | 8,1 |
| 2 | MACHINBRE (ZAP) Y TEJA DE BARRC | 47,0 | M2 | 15,9 | 7,8 |
| 3 | REFUERZO MANPOSTERIA REFORZA | 145,0 | M2 | 21,2 | 5,4 |
| 4 | PISO CERAMICA MARFIL LIGTH 40*40 | 57,62 | M2 | 25,8 | 4,6 |
| 5 | PLACA MACIZA E=10 CM ENTREPISO | 32,0 | M2 | 29,8 | 4,0 |
| 6 | FRISO | 175,0 | M2 | 33,6 | 3,8 |
| 7 | CONCRETO VIGAS CIMENT 3000 PSI | 4,15 | M3 | 37,4 | 3,8 |
| 8 | PINTURA TIPO (3-2-2-1) | 206,95 | M2 | 40,8 | 3,5 |
| 9 | HIERRO 6000PSI CON MdeO cimen | 435 | KG | 44,2 | 3,3 |
| 10 | HIERRO DE 6000 PSI con MdeO | 370,0 | KG | 47,0 | 2,8 |
| 11 | PLACA BASE EN CONCRETO | 42,0 | M2 | 49,5 | 2,5 |
| 12 | VENTANA ALUM. ECONOMICA | 7,26 | M2 | 51,9 | 2,4 |
| 13 | HIERRO MALLA ELECTROSOLDADA | 220,0 | KG | 53,7 | 1,8 |
| 14 | VIGA CONCRETO DE 0.15*0.15 CUB | 36,0 | ML | 55,4 | 1,7 |
| 15 | SALIDA PARA TOMA 110V | 17,0 | UN | 56,9 | 1,5 |
| 16 | SALIDA LUZ SENCILLA | 12,0 | UN | 58,4 | 1,4 |
| 17 | FRISO BAÑOS Y COCINA | 65,0 | M2 | 59,8 | 1,4 |
| 18 | MARCO (1/2) MADERA 0.7-0.8 | 5,0 | UN | 61,0 | 1,2 |
| 19 | ENCHAPE 20*25 AMALFI | 13,9 | M2 | 62,2 | 1,2 |
| 20 | ACOMETIDA VIVIENDA | 1,0 | UN | 63,4 | 1,2 |
| 21 | PUERTA CORRED. ALUMINIO CRUDO | 4,6 | M2 | 64,5 | 1,2 |
| 22 | SANITARIO ACUACER | 2,0 | UN | 65,7 | 1,1 |
| 23 | MORTERO PISOS (E=5CM) | 34,0 | M2 | 66,8 | 1,1 |
| 24 | PASAMANOS METALICO 3 TUBOS | 4,5 | ML | 67,9 | 1,1 |
| 25 | SOBRECIMIENTO IMPERM E14 | 10 | M2 | 69,0 | 1,1 |
| 26 | MANP. EN BLOQUE E-14 | 15 | M2 | 70,0 | 1,1 |
| 27 | ESTUCO | 206,95 | M2 | 71,1 | 1,1 |
| 28 | PASO ESCALERA 31.5*31.5 | 12,00 | UN | 72,0 | 0,9 |
| 29 | PUNTO TELEVISION | 3,0 | GL | 72,9 | 0,9 |
| 30 | FILOS Y DILATACIONES | 180,0 | ML | 73,8 | 0,9 |
| 31 | ESCALERA PREFABRICADA | 1,0 | UN | 74,7 | 0,8 |
| 32 | ENCOROSE EN MEZCLA | 90,0 | ML | 75,5 | 0,8 |
| 33 | GUARDAESCOBA TABLON 30*30 | 64,90 | ML | 76,2 | 0,7 |
| 34 | PUERTA ECON TRIPLEX 0.71-0.8 | 3,0 | UN | 76,9 | 0,7 |
| 35 | PUERTA ENTRA METAL 09.-1.1 | 1,0 | UN | 77,6 | 0,7 |
| 36 | PISO EN TABLON 30*30 | 5,7 | M2 | 78,2 | 0,6 |
| 37 | PUNTO SANITARIO | 8,0 | UN | 78,8 | 0,6 |
| 38 | MODULO DE EMPOTRAR HACEB | 1,0 | UN | 79,5 | 0,6 |
| 39 | DILATACIONES Y FILOS EN ESTUCO | 288,38 | ML | 80,1 | 0,6 |

Fuente: El Autor.

Tabla 2. Resultados Obtenidos de la Ley de Pareto (2 Pisos y Altillo)

| No | Descripción | Cantida | U M | % Vr Acum/ Vr | % Inc |
|----|---------------------------------|---------|-----|------------------|-------|
| 1 | MAMP. EN BLOQUE E-11 | 145 | M2 | 7,9 | 7,9 |
| 2 | MACHINBRE (ZAP) Y TEJA DE BA | 45,5 | M2 | 14,1 | 6,1 |
| 3 | PLACA MACIZA E=10 CM ENTREP | 51,2 | M2 | 19,3 | 5,2 |
| 4 | REFUERZO MANPOSTERIA REFO | 170 | M2 | 24,4 | 5,1 |
| 5 | PISO CERAMICA 30*30 | 62,54 | M2 | 28,8 | 4,4 |
| 6 | FRISO | 225 | M2 | 32,8 | 4,0 |
| 7 | PINTURA TIPO (3-2-2-1) | 249,95 | M2 | 36,2 | 3,4 |
| 8 | CONCRETO VIGAS CIMENT 3000 F | 4,3 | M3 | 39,4 | 3,2 |
| 9 | HIERRO DE 6000 PSI con MdeO cim | 450 | KG | 42,2 | 2,8 |
| 10 | HIERRO 6000PSI CON MdeO | 440 | KG | 44,9 | 2,8 |
| 11 | HIERRO MALLA ELECTROSOLDAD | 414 | KG | 47,6 | 2,7 |
| 12 | VENTANA ALUM. ECONOMICA | 7,73 | M2 | 49,7 | 2,1 |
| 13 | PLACA BASE EN CONCRETO | 42 | M2 | 51,7 | 2,0 |
| 14 | MUROS UTINOR E=0.10 | 15 | M2 | 53,7 | 2,0 |
| 15 | PASAMANOS METALICO 3 TUBOS | 9 | ML | 55,5 | 1,8 |
| 16 | PASO ESCALERA GRIS 31,5*31,5 | 24 | UN | 57,0 | 1,5 |
| 17 | ENCHAPE 20*25 AMALFI | 21,5 | M2 | 58,5 | 1,5 |
| 18 | SALIDA LUZ SENCILLA | 15 | UN | 60,0 | 1,5 |
| 19 | SALIDA PARA TOMA 110V | 20 | UN | 61,4 | 1,5 |
| 20 | MORTERO PISOS (E=5CM) | 52,41 | M2 | 62,9 | 1,4 |
| 21 | SANITARIO ACUACER | 3 | UN | 64,3 | 1,4 |
| 22 | ESCALERA PREFABRICADA | 2 | UN | 65,6 | 1,4 |
| 23 | VIGA CONCRETO DE 0.15*0.15 CUB | 33,2 | ML | 66,9 | 1,3 |
| 24 | PISO EN TABLON 30*30 | 13,84 | M2 | 68,2 | 1,3 |
| 25 | FRISO BAÑOS Y COCINA | 70 | M2 | 69,5 | 1,3 |
| 26 | MARCO (1/2) MADERA 0.7-0.8 | 6 | UN | 70,6 | 1,2 |
| 27 | MAMP. EN BLOQUE E-14 | 20 | M2 | 71,8 | 1,1 |
| 28 | FILOS Y DILATACIONES | 286 | ML | 72,9 | 1,1 |
| 29 | ESTUCO | 249,95 | M2 | 73,9 | 1,0 |
| 30 | ACOMETIDA VIVIENDA | 1 | UN | 74,9 | 1,0 |
| 31 | PUERTA CORRED. ALUMINIO CRU | 4,6 | M2 | 75,8 | 0,9 |
| 32 | FRISO FACHADA ANTERIOR | 33 | M2 | 76,8 | 0,9 |
| 33 | SOBRECIMIENTO IMPERM H | 10 | M2 | 77,7 | 0,9 |
| 34 | VIGA DESCOLGADA UTINOR | 17,1 | ML | 78,5 | 0,8 |
| 35 | PUNTO SANITARIO | 12 | UN | 79,2 | 0,8 |
| 36 | PUNTO HIDRAULICO AGUA FRIA | 17 | UN | 79,9 | 0,7 |
| 37 | GUARDAESCOBA TABLON 30*30 | 73,73 | ML | 80,6 | 0,7 |

Fuente: El Autor.

2.4 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES

Luego de obtener los resultados del análisis de la ley de Pareto, se observó que el tiempo dispuesto para el presente estudio no era suficiente para medir todas las actividades escogidas según la clasificación del 80/20. Sin embargo con base en esta clasificación, se decidió evaluar el impacto que representa el costo en

porcentaje de cada actividad con respecto al costo total de las actividades involucradas en la construcción de las viviendas (sumatoria de costos de las actividades).

Durante el periodo de análisis de este estudio se hizo el seguimiento a 4 de las 37 actividades de alto impacto en el costo, según la ley de Pareto. Estas actividades se desarrollaron de forma simultánea y bajo condiciones que facilitaron el registro de tiempos. En conjunto representan más del 15 % del costo total de la obra. Tres de las cuatro actividades analizadas tienen un impacto superior al 3.8 %, lo cual les da una alta prioridad dentro de las 131 actividades descritas en el presupuesto.

Como resultado las actividades seleccionadas fueron Mampostería en Bloque E11, Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40, Friso y Estuco. Es importante mencionar que las actividades elegidas eran las que se estaban ejecutando en el tiempo dispuesto para las mediciones, por lo cual permitieron la toma de datos.

En las tablas 1 y 2 se observa que la actividad que presenta mayor porcentaje de incidencia para ambos tipos de vivienda es la actividad de Mampostería en Bloque E11, con puntajes de 8.1 y 7.9 respectivamente.

3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA

3.1 INTRODUCCIÓN

La práctica empresarial se desarrolló con dedicación de tiempo completo en el proyecto urbanístico SAN FRANCISCO DE LA CUESTA ejecutado por la constructora MARVAL S.A.. Como practicante de ingeniería de la empresa se realizaron actividades de apoyo y acompañamiento en aspectos administrativos y técnicos al Residente de Obra.

Como aporte, el cual busca mejorar la productividad en obra, se llevó a cabo el estudio sobre rendimientos de la mano de obra mediante el seguimiento detallado del desarrollo del proyecto. En el transcurso de la práctica la apropiación de la metodología necesaria para la obtención de los rendimientos fue una constante. Cada una de las etapas del proceso ha sido manejada de forma adecuada en las distintas áreas del estudio.

Es posible identificar cada una de las distintas fases llevadas a cabo para la obtención de los rendimientos que conformaron la base de datos, descritas en los capítulos y definidas de forma general así:

- Determinación del método empleado para medir los rendimientos
- Determinación del sitio del estudio
- Determinación y caracterización de las actividades a estudiar
- Recolección de la información necesaria
- Análisis de la información

- Observaciones y conclusiones

Antes de iniciar el estudio de rendimientos, fue necesario realizar una documentación especial que apoyara los objetivos propuestos. Como primera medida se contó con la publicación de la revista No 128 de la universidad EAFIT en la cual se encontró una investigación llevada a cabo con miras en el mejoramiento de la productividad. Esta investigación permitió conocer la metodología que sirvió de base en este estudio titulada RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA.

En las observaciones realizadas, las cuales se mantuvieron durante un lapso de tres meses, se realizaron mediciones a las actividades seleccionadas en la cuales se evaluaron los factores que afectaron el rendimiento de la mano de obra para las condiciones locales existentes de la obra seleccionada. Para ello se creó un formulario capaz de registrar la información en el sitio de ejecución de las actividades, el cual se describe en el capítulo cuatro. En este aspecto se tuvo especial cuidado en incluir los datos necesarios para la etapa de procesamiento y análisis, con el objetivo de descartar olvidos.

En la etapa de análisis de la información obtenida, se transformaron los rendimientos a un rendimiento básico o normalizado, teniendo en cuenta la influencia de cada una de las categorías medidas. Este procedimiento se llevó a cabo por medio de una simple operación matemática, con el fin de conformar la base de datos con rendimientos estandarizados.

En la sección que se verá a continuación se describe la metodología que se empleó en este estudio para determinar rendimientos normalizados de mano de obra, los cuales conformaron una base de datos. Una vez obtenidos los rendimientos de la base, es posible tomarlos y conocer los rendimientos

esperables en determinado proyecto, siempre y cuando sean tenidas en cuenta las condiciones particulares en las cuales se realizarán las actividades.

3.2 BASE DE TRABAJO

En la documentación existente se encontró una metodología la cual sirvió de base en este estudio. Dicha metodología titulada RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA, fue elaborada por los ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque V., en el año 2000. Ambos autores fueron contratados por El SENA y CAMACOL seccional Antioquia, por intermedio de las firmas PSI S.A. y GDV Ingeniería S.A., como respuesta a las necesidades y servicios que deben prestar estas dos instituciones al gremio de la construcción.

Cano y Duque en su estudio, encontraron dos maneras de clasificar los diferentes factores que afectan el rendimiento de la mano de obra. Se trata de las publicaciones: “Estimator’s General Construction Man-Hour Manual” escrito por John S. Page y editada por Gulf Publishing Company, y “Control de Métodos y Tiempos” de Francesc Castanyer Figueras editada por Boixareu Editores.

El autor del primer documento clasificó los distintos factores que afectaban un rendimiento de mano de obra y los expuso en siete categorías. De la misma manera estableció lineamientos generales para evaluar su influencia, ya sea positiva o negativamente. Por el contrario en la segunda publicación, el autor tuvo en cuenta consideraciones matemáticas para evaluar dichos factores.

Teniendo en cuenta estos aspectos, Cano y Duque decidieron analizar la propuesta de John S. Page para clasificar y evaluar los distintos factores que afectan un rendimiento de mano de obra en construcción.

Sin embargo, partiendo de la ponderación establecida entre ellas según el grado de intervención en la productividad expuesto por Castanyer Figueras, estudiaron la influencia de cada una de las distintas categorías adaptándolas a las condiciones locales de nuestro medio.

3.3 PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

La productividad y su mejoramiento permanente es uno de los principales objetivos de quien administra una empresa, proyecto u operación. La productividad definida según Serpell³ como la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados en ello, o la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, logrando el cumplimiento de las metas deseadas, está asociada a un proceso de transformación de recursos.

En un proceso constructivo los recursos empleados en los proyectos son los materiales, la mano de obra, la maquinaria y equipos. Sin embargo como es sabido, el presente estudio se enfocó en la productividad de la mano de obra. La productividad de la mano de obra es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción.

Teniendo en cuenta que existen diversos factores que la pueden afectar, se define entonces que la eficiencia de la cantidad de obra que ejecuta completamente una cuadrilla en una unidad de tiempo, puede variar dentro de un rango de 0 a 100% (ver tabla 3).

³ Serpell Alfredo. **Administración de Operaciones de Construcción, 2ª Edición, Pág 29.**

Cuando la cuadrilla no produce nada se presenta el primer valor, por el contrario cuando el segundo valor se presenta significa que se ha encontrado la máxima eficiencia teórica posible. Es claro mencionar que ninguno de los dos extremos es indicativo de una productividad real, sólo son los límites teóricos dentro de los cuales se encuentra en cualquier condición.

Después de analizar datos de rendimientos para muchas actividades, los autores mencionados como base de este estudio, han encontrado una alta dispersión, debido a la intervención de los diferentes factores que afectan la productividad. Lo que se hace necesario es tener en cuenta estos factores, identificarlos y cuantificar su intervención para lograr obtener rendimientos normalizados, información que pueda ser utilizada en obras futuras.

Los distintos autores que han profundizado en el tema de los 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 de 0 a 100. En este trabajo se escogió la cifra del 70% de productividad como la más apropiada para fijar el rendimiento normal. Este será el rendimiento normalizado que se encontrará en cada serie de datos que se tomen para cada actividad seleccionada.

Los rendimientos en condiciones de trabajo son afectados positiva o negativamente por distintos factores que se describen en detalle más adelante. Cuando la afectación es positiva, se presentan rendimientos en el rango de eficiencia de 71 a 100% y cuando la afectación es negativa, los rendimientos oscilan en el rango de 0 a 69%. La escala de eficiencia en los rendimientos se muestra en la siguiente tabla y cabe mencionar que ésta se utilizó como base para evaluar los rendimientos obtenidos en cualquier toma de datos efectuada.

Tabla 3. Escala de Eficiencia de Rendimientos

| Eficiencia en la Productividad | Rango en porcentaje |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 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 Consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL.

3.4 CATEGORÍAS QUE AFECTAN UN RENDIMIENTO

Las categorías en las cuales se clasifican los distintos factores que afectan el rendimiento de la mano de obra se dividen en siete grupos como se describe en la tabla 4. Esta división se hace necesaria debido a que las variaciones que producen los distintos grupos se encuentran en un rango amplio en los porcentajes de productividad.

Tabla 4. Categorías que Afectan el Rendimiento o Productividad de la Mano de Obra

| | |
|---|--------------------|
| 1 | Economía general |
| 2 | Aspectos laborales |
| 3 | Clima |
| 4 | Obra |
| 5 | Equipamiento |
| 6 | Supervisión |
| 7 | Trabajador |

Fuente: Estimator's general construction man-hour manual, John S. Page. Adaptación de los Ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V. a nuestro medio. Citado por: Botero B Luís F., En: Revista Universidad EAFIT No 128, 2002.

A su vez es posible agruparlas en tres clases de acuerdo a las características particulares que cada una presenta. El porcentaje de afectación de cada grupo se explicará en la sección a continuación. Las clases son:

- Ambiente en el que se desarrolla la obra: Economía general y Clima.
- Características de la obra: Obra, Equipamiento, Supervisión y Laborales.
- Propias del trabajador: Trabajador.

3.4.1 PORCENTAJE DE AFECTACIÓN DE CADA GRUPO

Como ya se había mencionado cuando se expuso la productividad de la mano de obra, al obtener los rendimientos se asigna un porcentaje entre 0 y 100% partiendo de que lo normal es un rendimiento del 70%. Cuando un grupo de factores, después de evaluado, se encuentra que es favorable al desempeño de la cuadrilla se calificará con un porcentaje superior al 70%. Si por el contrario es desfavorable, se calificará con un porcentaje inferior a dicho 70%.

En las investigaciones y estudios realizados anteriormente y que se tomaron como base de trabajo, se demostró que algunos grupos tienen la capacidad de afectar en mayor medida la productividad que otros. Es por este motivo por lo que se hace necesario definir unos rangos de calificación para cada uno de ellos. Para analizar las mediciones realizadas en este estudio se tomaron los rangos de la siguiente tabla sugeridos en el estudio realizado por el SENA-CAMACOL, en la cual se aprecian los porcentajes de afectación de cada grupo.

Tabla 5. Porcentajes de Afectación de Cada Grupo

| Grupo | Rango (%) |
|------------------|------------------|
| 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 facilitar la calificación de cada uno de los factores que podían afectar los rendimientos o la productividad de la mano de obra en las observaciones realizadas, se adoptó el uso de la tabla 6. En ella se presentan las equivalencias respectivas entre calificación y rango expresado en porcentaje, es decir a cada factor observado se le asignó un valor definido en una escala de 0 a 5.

Tabla 6. Calificación y Rango de las Categorías que Afectan los Rendimientos de Mano de Obra.

| Grupo | Rango (%) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 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.

Sin embargo en la etapa de análisis y procesamiento de datos estos puntajes nuevamente fueron transformados a su equivalente en porcentaje, para afectar los rendimientos y obtener los rendimientos normalizados como se describe en 3.6.

3.5 FACTORES DE AFECTACIÓN

Dentro de cada categoría encontramos distintos factores que pueden afectar el rendimiento de la mano de obra. Los aspectos que deben examinarse antes de medir una actividad se describirán a continuación.⁴ Al mismo tiempo se describen las características encontradas en el proyecto bajo estudio.

3.5.1 ECONOMÍA GENERAL

Este grupo de factores dependen del estado económico del país o del área en la cual se desarrollará el proyecto. Los asuntos que deben ser evaluados dentro de este grupo son:

- Tendencia de los negocios en general.
- Volumen de la construcción.
- La situación del empleo.

Al evaluar este factor se debe considerar que si su estado tiene una valoración buena o excelente, significa que su rango de productividad puede llegar a ser muy bajo, debido a que cuando los negocios van bien, se hace más difícil encontrar supervisión competente y mano de obra de buena calidad, por lo que muy seguramente tendrá que disponer de personal inexperto.

⁴ SENA-CAMACOL. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra, Pág 11.

Por otra parte, si la economía está en un estado normalmente bueno, se encontrará que la eficiencia en la productividad tiende a subir. Esto se debe a que bajo condiciones normales hay disponibles una cantidad suficiente de buenos supervisores y oficiales de construcción.

Los factores que forman parte de este grupo y que fueron tenidos en cuenta para este estudio 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.
- Disponibilidad de materiales: éstos también se afectan por este motivo.

Teniendo en cuenta la situación real de la zona bajo estudio se asignó una puntuación de 4 a las mediciones realizadas, debido a que se consideró que la disponibilidad de estos recursos se encuentra en un estado bueno.

3.5.2 CLIMA

Dentro de este grupo se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Lluvia: en épocas de lluvia los rendimientos generalmente son menores debido a 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.

Para evaluar éste aspecto se tomaron las consideraciones necesarias en cada medición dependiendo del estado del clima, es decir se asignó un puntaje para cada factor en cada observación realizada. Sin embargo la mayoría de las actividades medidas en este estudio no se vieron afectadas por este fenómeno, debido a que la cubierta mitigó estas incomodidades controlando las condiciones normales para el desarrollo óptimo de las labores; éste caso se presentó en las actividades de friso, enchape y estuco, las cuales se realizaron dentro de las viviendas, contrario a la actividad de Mampostería en Bloque E11.

3.5.3 OBRA

En este grupo se tienen en cuenta las condiciones específicas del trabajo, el alcance del proyecto y el tipo de trabajo involucrado. También influye en este conjunto si el programa de trabajo es apretado o permite tener suficiente holgura entre el fin de una actividad y el inicio de la siguiente. Las características del lote, si es húmedo y pantanoso o difícil de drenar, o más bien alto y seco. Si el trabajo realizado en la obra se ve afectado con otros trabajos o por ser un sitio con otras actividades en funcionamiento. Si el trabajo será mecanizado o manual. Los asuntos más importantes a considerar son:

- Alcance del trabajo.
- Condiciones del sitio.

- Suministro de materiales.
- Operaciones manuales o mecanizadas.

Los principales factores que hacen parte de estos aspectos son:

- Dificultad del trabajo: el grado de dificultad afecta el rendimiento.
- Peligro: el riesgo personal del obrero disminuye la productividad.
- Continuidad de la labor: las interferencias e interrupciones disminuyen la productividad.
- Orden en el sitio: un frente organizado y limpio mejora la productividad.
- Base de trabajo: la calidad de la superficie sobre la cual se desarrolla una actividad afecta los rendimientos esperables.
- 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 la productividad.
- Urgencia: el conocimiento por parte del personal obrero de la urgente necesidad de tener cierta labor prontamente terminada mejora la disposición de este personal.

Para cada medición desarrollada dentro de las diferentes actividades medidas, se evaluaron los distintos factores y se asignó una puntuación acorde a las condiciones locales de la obra.

Para el factor de dificultad, se tomaron en cuenta características propias del trabajo que implicaran una reducción en la productividad. Dado que existía normalidad en el desarrollo de las actividades medidas la puntuación dada a este factor fue de 4. Para evaluar el espacio, la comodidad y accesibilidad determinó el valor asignado. Como es de esperarse el orden también influye en los rendimientos por esto se evaluó el aseo y la organización desarrollada por los trabajadores en cada actividad, de la misma manera se evaluaron las interrupciones presentadas en las mediciones. En cuanto a la tipicidad se asignaron puntajes altos considerando un gran número de repeticiones efectuadas por cada cuadrilla de trabajo.

3.5.4 EQUIPAMIENTO

La disponibilidad del equipo apropiado para realizar un proyecto, su estado, su mantenimiento y reparación oportuna afectan el rendimiento esperable en un trabajo. En esta categoría se deben estudiar estos elementos:

- Disponibilidad: ésta favorece la acción en la obra.
- Condición: el estado general del equipo afecta su desempeño.
- Mantenimiento y reparación: la agilidad con que se resuelvan los problemas que pueda presentar el equipo es de gran importancia en la productividad.

Se debe conocer el tipo, clase y estado mecánico del equipo disponible. Los factores incluidos en este grupo y evaluados 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 disponibilidad y estado son de importancia capital en la ejecución de muchas actividades.
- Mantenimiento: su bondad y oportunidad en las reparaciones afectan la productividad.
- Elementos de protección: dentro del equipamiento se deben considerar los elementos de protección recomendados por la buena práctica de la seguridad industrial.

3.5.5 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 asuntos a evaluar en este punto son:

- Experiencia.
- Disponibilidad.
- Sueldos.

Analizando éste punto con cuidado y retomando lo anteriormente mencionado se encuentran dos situaciones en esta categoría: en la primera los negocios van normalmente bien, es decir es posible conseguir buenos supervisores. En la segunda los negocios van muy bien, y lo más probable es que se tengan que seleccionar supervisores de un conjunto muy deficiente o resignarse a pagar salarios más altos, compensando esta situación con menos supervisores. El resultado final será que se tenga una supervisión muy pobre, incrementando los problemas durante la ejecución del trabajo. De acuerdo a lo anterior los factores que se analizaron en este grupo son:

- Dirección: una insuficiente dirección resulta en un alto 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 las actividades, las labores de supervisión por parte de la empresa constructora Marval S.A. son desempeñadas por los ingenieros de la obra. Por su parte el contratista de la actividad respectiva ejerce su propia supervisión en la obra. De acuerdo a cada factor se asignó una puntuación en cada observación realizada.

3.5.6 LABORALES

Las condiciones laborales en las que se desarrolla la obra son muy importantes en la eficiencia del trabajo. El manejo adecuado de las relaciones laborales es de alta incidencia en el desempeño de la mano de obra. Se debe analizar la disponibilidad de mano de obra bien capacitada en la empresa o en el sitio donde se desarrollará la obra. Los asuntos a tener en cuenta en este grupo son:

- Experiencia.
- Disponibilidad.
- Contratación
- Salarios.

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).
- Sindicato: el sindicalismo mal entendido, tan común en nuestro medio, afecta negativamente el rendimiento de la mano de obra.
- 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.

La calificación estimada en esta categoría ha sido la misma en todas las mediciones. Esto ha sido posible debido a que los factores presentan las mismas características en toda obra.

De la misma forma la calificación general asignada a este grupo fue alta. Esto se da por muchos motivos: el tipo de contrato es a destajo, en la obra no existe ningún tipo de sindicato que afecte las labores normales dentro de ella, existe un buen ambiente de trabajo, los empleados se encuentran afiliados a seguridad social y cuentan con una política de seguridad industrial.

En cuanto a la remuneración ofrecida al trabajador (precio a destajo) por el contratista, se considera que el precio trata de compensar las labores realizadas. Al respecto se cree que los precios ofrecidos por la empresa al contratista son bajos. Es por este último factor que la calificación general dada ha este grupo prefiere ser de 4,5.

Se recuerda que para el pago de los obreros se realizan cortes ventenales. De acuerdo al trabajo ejecutado, el contratista realiza el pago lo cual incrementa el rendimiento. Como se dijo anteriormente los precios unitarios son relativamente bajos, lo cual ha generado cierta inestabilidad en las cuadrillas de algunas actividades y también desmejora la calidad del trabajo debido a que se presenta un efecto negativo en el contratista que acepte trabajar con estos precios.

3.5.7 TRABAJADOR

Es de gran importancia considerar las condiciones personales del trabajador. Se deben tener en cuenta los siguientes asuntos:

- Estado de ánimo.
- Situación familiar.
- Habilidad.
- Conocimientos.
- Condición física.

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.
- Salud: aunque exista un plan de seguridad social, es necesario vigilar el estado de salud del obrero para mantener los rendimientos.
- 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.
- Buena fe: se debe contar con la buena fé del trabajador en el desempeño de sus funciones, partiendo de un adecuado proceso de selección del personal, y del mantenimiento de unas buenas relaciones laborales.
- Pereza: como en el punto anterior, existen personas que por naturaleza, no ponen todo de sí en el desempeño de sus funciones. Se debe controlar esta situación por medio de un adecuado proceso de selección.

En este grupo se tuvieron en cuenta sólo tres factores los cuales fueron conocimientos técnicos, habilidad y pereza. Estos dos últimos factores se evaluaron de acuerdo al desempeño que mostraba cada trabajador frente al trabajo en comparación con el grupo en general.

3.6 CÁLCULO DE LOS RENDIMIENTOS NORMALIZADOS

En el ANEXO 1 se muestra el formulario diseñado para realizar las mediciones de los rendimientos y los factores que los afectaron durante la toma de datos.

Una vez realizadas las mediciones, los datos se registraron y analizaron en la base de datos en la forma que se describirá a continuación. En el ANEXO 3 se ilustra el encabezado de dicha base. Se recuerda que la evaluación de cada uno de los factores que inciden en el rendimiento o productividad del personal que ejecuta las diferentes actividades se realizó teniendo en cuenta los grupos en los cuales se han clasificado, utilizando la tabla mostrada en el ANEXO 2.

Para obtener la afectación de cada categoría, se calculó la media aritmética o promedio de los puntajes asignados en las observaciones hechas, a los factores presentes en cada grupo, resultado que varió en un rango de 0 a 5. Luego este promedio fue transformado a su equivalente en porcentaje utilizando para ello la tabla 6.

Realizado este mismo procedimiento para las distintas categorías, se obtuvo la estimación global del desempeño de la cuadrilla calculando la media aritmética de los porcentajes evaluados para los siete grupos.

La productividad obtenida en cada registro se calculó dividiendo la cantidad de obra entre el tiempo. Luego este valor se multiplicó por el cociente entre el rendimiento normal definido en la sección 3.3 y la afectación global. De esta manera se encontró la productividad normalizada.

Finalmente los valores de productividad normalizada fueron transformados a rendimientos normalizados (se recuerda que es el inverso).

El proceso de tomar dichos rendimientos normalizados es uno de los objetivos de este proyecto. Se pretende predecir el desempeño de la mano de obra de las actividades medidas para un futuro trabajo con características como las descritas por el presente estudio. Para ello se debe realizar un proceso exactamente inverso al descrito anteriormente teniendo en cuenta las condiciones locales esperadas.

4. CAPTACIÓN DE DATOS EN OBRA

4.1 DATOS INDISPENSABLES

Antes de efectuar cualquier toma de datos es indispensable diseñar formatos aptos para el análisis posterior, los cuales deben realizarse teniendo en cuenta dos aspectos: la información indispensable que se quiere recoger y una fácil manipulación en los sitios de medición. Los datos que se deben incorporar a cualquier encuesta sobre rendimientos de mano de obra en una actividad consisten en:⁵

Obra: se debe identificar claramente la obra donde se realiza la observación, incluyendo datos sobre ella, como ubicación, constructor, tipo de obra y breve descripción.

Encuestador: es indispensable registrar el nombre de la persona que toma los datos.

Actividad: se debe describir claramente la actividad que se está midiendo y su unidad de medida. Cabe recordar que la actividad debe cumplir con las características requeridas para adelantar mediciones descritas en el capítulo dos.

Descripción: para mayor claridad sobre la actividad que se investiga, y para poder estudiar en detalle su desarrollo, se debe hacer una descripción precisa.

⁵SENA-CAMACOL. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra, Pág 27.

Además se aconseja que el futuro se realice una descripción detallada paso a paso, dejando espacios para clasificar y medir las duraciones de cada uno de estos pasos.

Cuadrilla: en las primeras observaciones que se realicen, las que servirán para corroborar la teoría que sirve de base a este estudio, se debe registrar con precisión la cuadrilla que realiza la actividad, definiendo el número de integrantes, sus respectivos cargos y los factores de afectación tenidos en cuenta. El número de operarios de diferentes especialidades y las personas que desempeñan cada una de las funciones en la cuadrilla, en este caso no fueron tenidos en cuenta. Sin embargo con el fin de verificar la influencia del operario en el rendimiento obtenido, se recomienda para un estudio posterior más detallado.

Tiempo consumido: el formulario debe permitir el registro del tiempo trabajado en el desarrollo de la actividad. Este dato se puede obtener registrando los tiempos consumidos, o las horas de entrada y salida con los tiempos de interrupciones que se puedan presentar en la jornada de trabajo. Se debe tener en cuenta que estos tiempos pueden ser diferentes para cada uno de los miembros de la cuadrilla.

Cantidad de obra: debe quedar registrada la cantidad de obra ejecutada. Esto se puede hacer tomando el dato en cada uno de los ambientes de trabajo, o haciendo repetir ambientes iguales varias veces. Esto último es lo más aconsejable.

Grado de influencia: se debe medir la influencia positiva o negativa de cada uno de los factores que pueden afectar el rendimiento de la mano de obra, descritos anteriormente.

4.1.1 DISEÑO DEL FORMULARIO

Teniendo en cuenta la información indispensable descrita anteriormente, se diseñó el formulario para la toma de datos de las diferentes actividades, el cual se encuentra en la sección de anexos (ANEXO 1). A continuación se describe cada uno de los campos incluidos en el formulario así:

FECHA: Se anota el día en que se realiza la toma de la observación para tener una idea temporal de los datos.

NOMBRE DE LA OBRA: En este espacio se describe el nombre que identifica a la obra donde se hace la observación. La idea es que en el futuro se puedan comparar estos datos con los resultados obtenidos de otras obras.

CONSTRUCTORA: Se anota aquí el nombre de la empresa responsable de la construcción de la obra.

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA: Se hace una rápida y corta descripción de la obra. Lo más importante es informar el tipo de edificación u obra, ya sea de vivienda o urbanismo de una manera general.

ENCUESTADOR: Se identifica la persona que toma los datos.

ACTIVIDAD: Se define la actividad que se está midiendo, de una manera general.

UNIDAD DE MEDIDA: Se informa la unidad de medida de la actividad que se mide.

CANTIDAD EJECUTADA: En este caso se identificó la cantidad de obra que había sido ejecutada durante el día.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Este espacio fue diseñado para usarlo de forma muy general. Para mediciones futuras también puede diseñarse al reverso del formulario.

--

DESCRIPCIÓN CUADRILLA: Se identifica el tipo de cuadrilla que ejecuta la actividad medida, es decir el número de oficiales y de ayudantes presentes en dicha cuadrilla.

CUADRILLA #: Se identifica la cuadrilla que se está midiendo en este formulario para diferenciarla de otras cuadrillas que ejecutan la misma actividad, y que se miden en otro formulario.

LISTA DE TRABAJADORES: Se identifica por medio del nombre y apellido, cargo, factores de evaluación de conocimiento y desempeño de cada integrante dentro de la cuadrilla. Este diseño permite escribir por separado los tiempos de trabajo y de receso de cada integrante del frente, denominados respectivamente como HI, HF y HRI, HRF. Sin embargo en todas las mediciones estos tiempos eran los mismos para toda la cuadrilla.

HORA DE INICIO (HI): Se anota la hora de entrada al frente de trabajo.

HORA FIN (HF): Se anota la hora de salida al terminar el frente de trabajo.

HORA RECESO (HRI, HRF): Se anota la duración de los descansos o interrupciones presentados en el lapso de tiempo definido por la hora de entrada y salida anotados y su respectivo motivo.

FACTORES DE EVALUACIÓN: Se diseñó este espacio para evaluar las siguientes categorías: trabajador, actividad, equipamiento, supervisión y clima. Los factores economía en general y laborales no se incluyeron en el formulario, debido a que son los mismos para todas las mediciones. Se recuerda que durante las mediciones se empleo la tabla mostrada en el ANEXO 2, para facilitar la evaluación de los factores.

OBSERVACIONES: Se dejó este espacio para anotar cualquier situación importante o imprevista durante la observación o con el fin de justificar datos anotados y facilitar el procesamiento de los mismos.

4.2. TOMA DE DATOS

Con el fin de facilitar y tener en cuenta los criterios necesarios para la asignación del puntaje que varía de 0 a 5 en las distintas categorías que afectan los rendimientos, se utilizó un cuadro conformado por los elementos diferentes que las comprenden. Este cuadro sirvió para elegir la descripción que se ajustaba más a lo observado durante las mediciones y calificar la afectación de cada elemento. La tabla mencionada fue usada en el estudio realizado por el SENA y CAMACOL y se encuentra en la sección de anexos (ANEXO 2).

4.3 LEVANTAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD A MEDIR

Antes de proceder a hacer cualquier captación de datos en una obra para evaluar los rendimientos, es necesario hacer una muy detallada descripción de lo que se va a medir. Se recomienda obtener unos planos o hacer un levantamiento del

frente de trabajo que se mide. Esto último es muy aconsejable siempre y cuando se hagan repetir ambientes iguales en las mediciones.

5. ANÁLISIS DE LOS DATOS MEDIDOS

La población en estudio son las obras construidas por la empresa MARVAL S.A. en proyectos con características como las descritas en el capítulo 1. La recolección de la información se realizó de forma similar a un análisis de corte transversal, para ello, se definió un punto de partida en el tiempo (marzo de 2007) para comenzar la toma de datos y un punto final (mayo de 2007). Durante este tiempo y a través de la observación directa se registró información para las variables (ver ANEXO 1) descritas en 4.1.1 y para las actividades de Friso, Piso Cerámica Marfil Ligth 40X40, Mampostería en bloque E11 y Estuco.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

5.1.1 FRISO

Para la actividad de friso se registraron observaciones para tres cuadrillas diferentes integradas de la siguiente manera:

Cuadrilla 1 (C1): 13 observaciones; 3x3

Cuadrilla 2 (C2): 13 observaciones; 2x2

Cuadrilla 3 (C3): 12 observaciones; 2x2

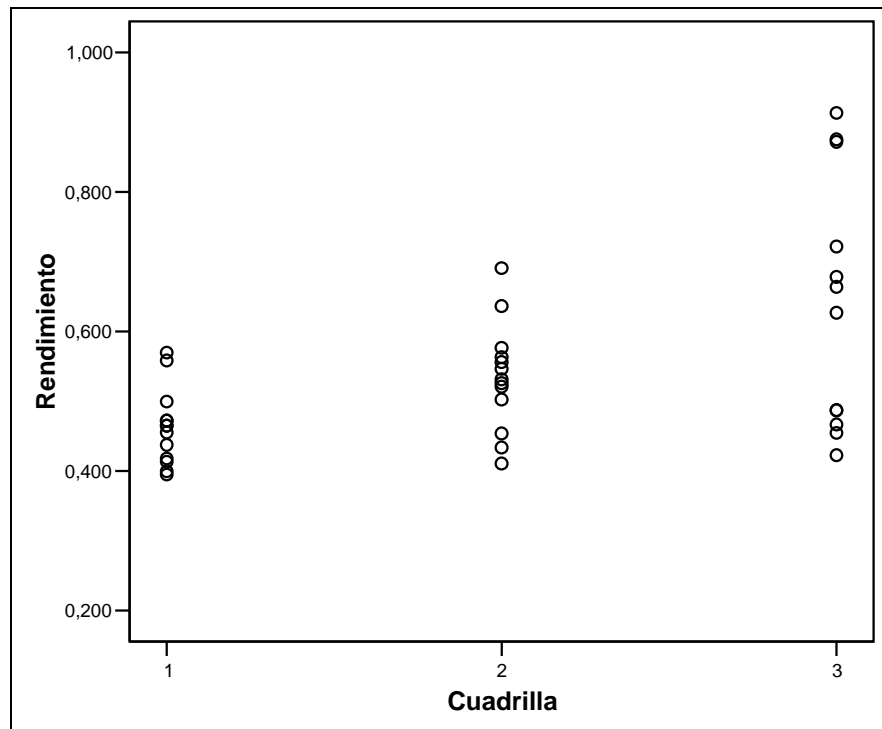
Para esta actividad se encontró que el mayor rendimiento normalizado promedio como era de esperarse se presentó para las cuadrillas que son especializadas en esa actividad, en este caso corresponde a las C1 y C2, contrario a C3 ya que sus

integrantes trabajaron en esta actividad por la necesidad de ganar tiempo (ver tabla 7). En cuando a la variabilidad, se observó mayor dispersión en los datos obtenidos en C3, contrario a C2 y C1 (ver figura 4).

Tabla 7. Rendimiento Promedio Normalizado en $h-H/m^2$ para la actividad de Friso.

| PROMEDIOS | | |
|-----------|-------|-------|
| C1 | C2 | C3 |
| 0.463 | 0.535 | 0.639 |

Ilustración 4. Diagrama de dispersión para la Actividad de Friso.



La muestra de datos fue utilizada para calcular intervalos de confianza (IC) de cada rendimiento promedio suponiendo que los datos se ajustan a una función de probabilidad normal (ver Tabla 8). Los IC indican el conjunto de valores dentro del cual es más probable hallar el verdadero rendimiento promedio. El intervalo más

preciso (menor amplitud) corresponde a C1, en la cual como ya se había mencionado sus mediciones presentaron poca variabilidad.

Tabla 8. Intervalos de Confianza para la actividad de Friso.

| Cuadrilla/IC | IC del 95% | IC del 68% |
|--------------|-----------------|-----------------|
| C1 | (0.434 , 0.493) | (0.456 , 0.470) |
| C2 | (0.493 , 0.577) | (0.525 , 0.545) |
| C3 | (0.538 , 0.740) | (0.615 , 0.663) |

El nivel de confianza se interpreta de la siguiente forma:

En un 95% de las veces que C1, realice la actividad de frisar se esperaría obtener un rendimiento en $h-H/m^2$ entre (0.434 y 0.493), así mismo se esperaría un rendimiento entre (0.456 y 0.470) en el 68% de las veces. La misma comparación se emplea para las cuadrillas 2 y 3 respectivamente. A continuación se ilustra esta información en las figuras 5, 6 y 7.

Ilustración 5. Intervalos de Confianza para C1 de Friso.

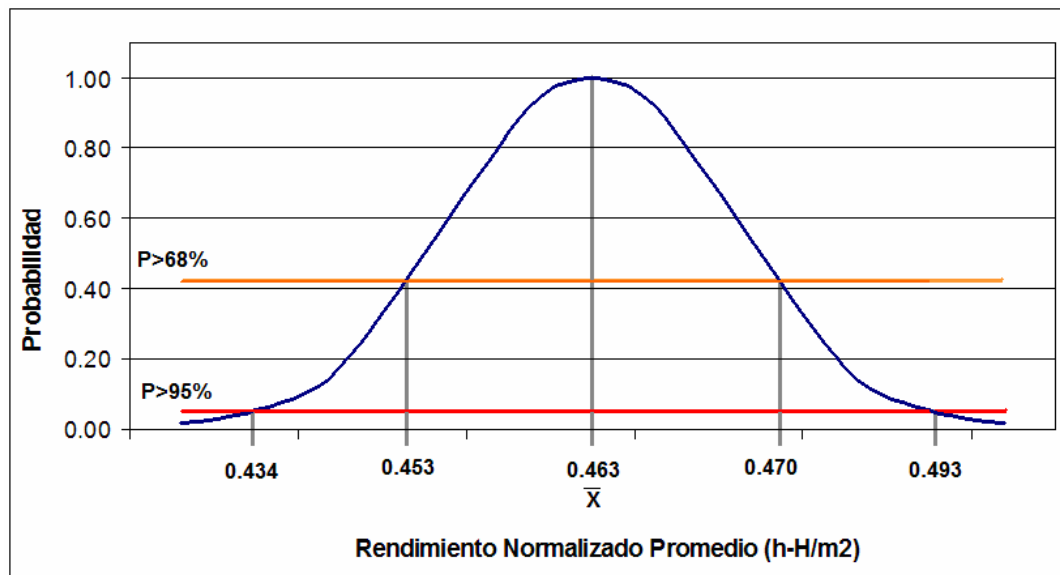


Ilustración 6. Intervalos de Confianza para C2 de Friso.

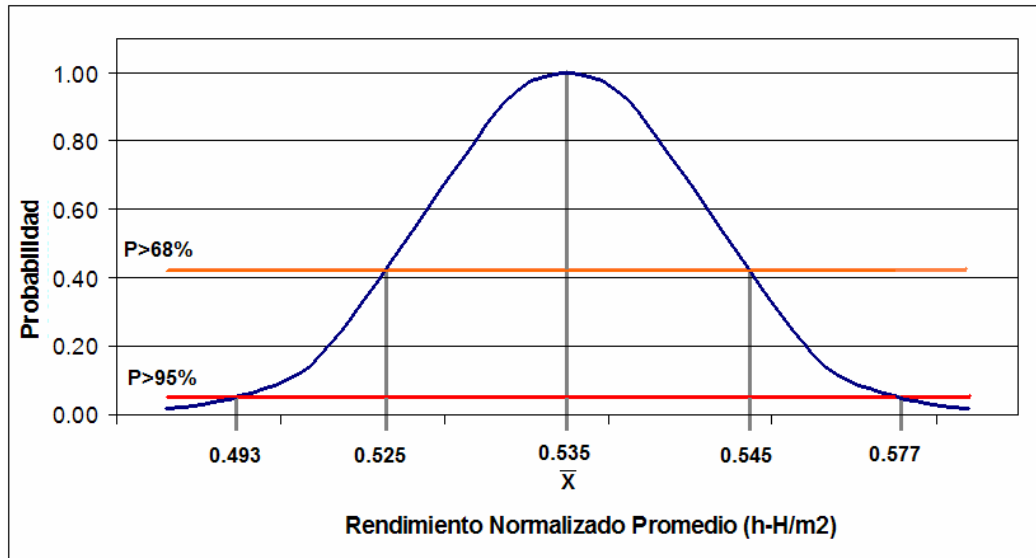
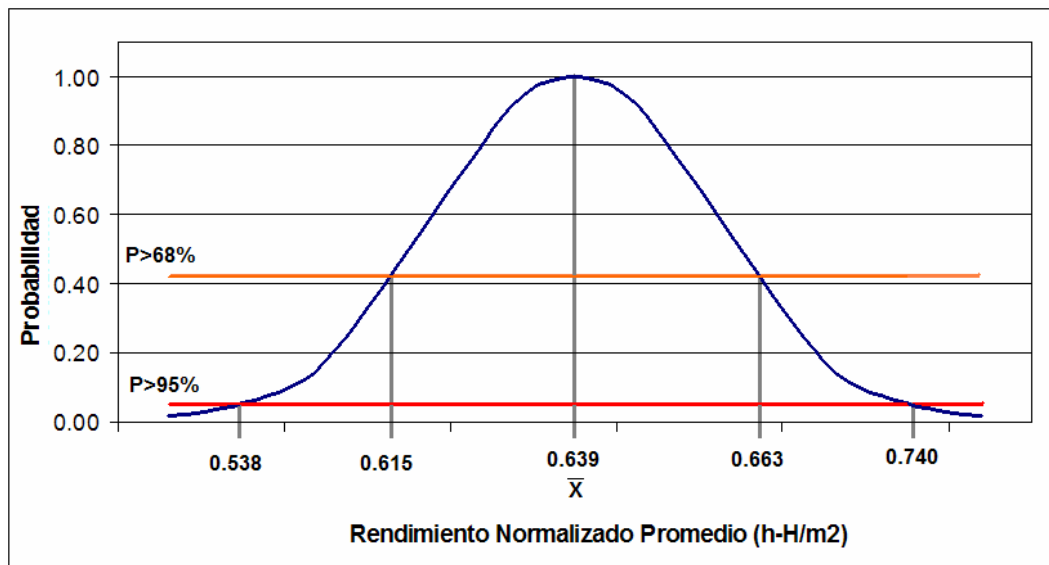


Ilustración 7. Intervalos de Confianza para C3 de Friso.



5.1.2 PISO CERÁMICA MARFIL LIGTH 40x40

Para esta actividad se registraron observaciones para dos cuadrillas diferentes integradas de la siguiente manera:

Cuadrilla 1 (C1): 9 observaciones; 2x1

Cuadrilla 2 (C2): 10 observaciones; 2x1

Se encontró que el mayor rendimiento normalizado promedio se presentó para la cuadrilla C1. Es claro mencionar que aunque ambas cuadrillas son especializadas en esa actividad, el porcentaje de dispersión de dichos rendimientos, calculado como el cociente del mayor sobre el menor, menos uno, es igual a 18.62% (ver tabla 9). En cuando a la variabilidad, se observó que ambas cuadrillas presentan gran dispersión en los datos obtenidos. Sin embargo C2 muestra un mayor distanciamiento entre sus valores (ver figura 8).

Tabla 9. Rendimiento Promedio Normalizado en $h\text{-}H/m^2$ Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40.

| PROMEDIO | |
|-------------|-------------|
| Cuadrilla 1 | Cuadrilla 2 |
| 1.075 | 1.275 |

La muestra de datos fue también utilizada para calcular intervalos de confianza (IC) de los rendimientos normalizados promedio suponiendo que los datos se ajustan a una función de probabilidad normal (ver Tabla 10). El intervalo que demostró ser más preciso corresponde a C1, en la cual como ya se había mencionado sus mediciones presentaron menor variabilidad que las realizadas a C2. Sin embargo se observa que el rango del intervalo de C1 mantiene una diferencia parecida al de C2.

Ilustración 8. Diagrama de Dispersión para la Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40.

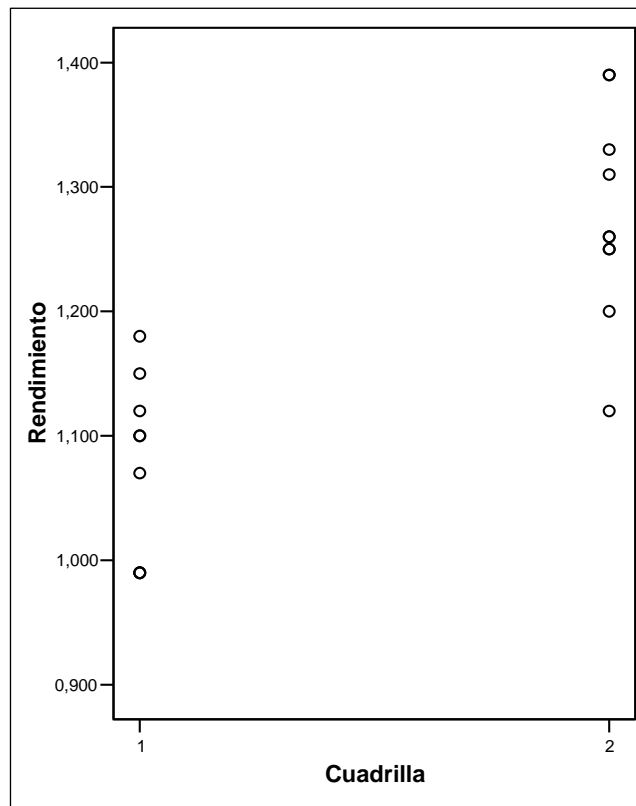


Tabla 10. Intervalos de Confianza para la Actividad de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40.

| Cuadrilla/IC | IC del 95% | IC del 68% |
|--------------|-----------------|-----------------|
| C1 | (1.026 , 1.123) | (1.063 , 1.086) |
| C2 | (1.223 , 1.326) | (1.262 , 1.287) |

El nivel de confianza en este caso se interpreta de la siguiente forma:

En un 95% de las veces que C1, realice la actividad de enchapar se esperaría obtener un rendimiento en $h\text{-}H/m^2$ entre (1.026 y 1.123), así mismo se esperaría un rendimiento entre (1.063 y 1.086) en el 68% de las veces. La misma comparación se emplea para la cuadrilla 2 respectivamente. A continuación se ilustra esta información en las figuras 9 y 10.

Ilustración 9. Intervalos de Confianza para C1 de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40.

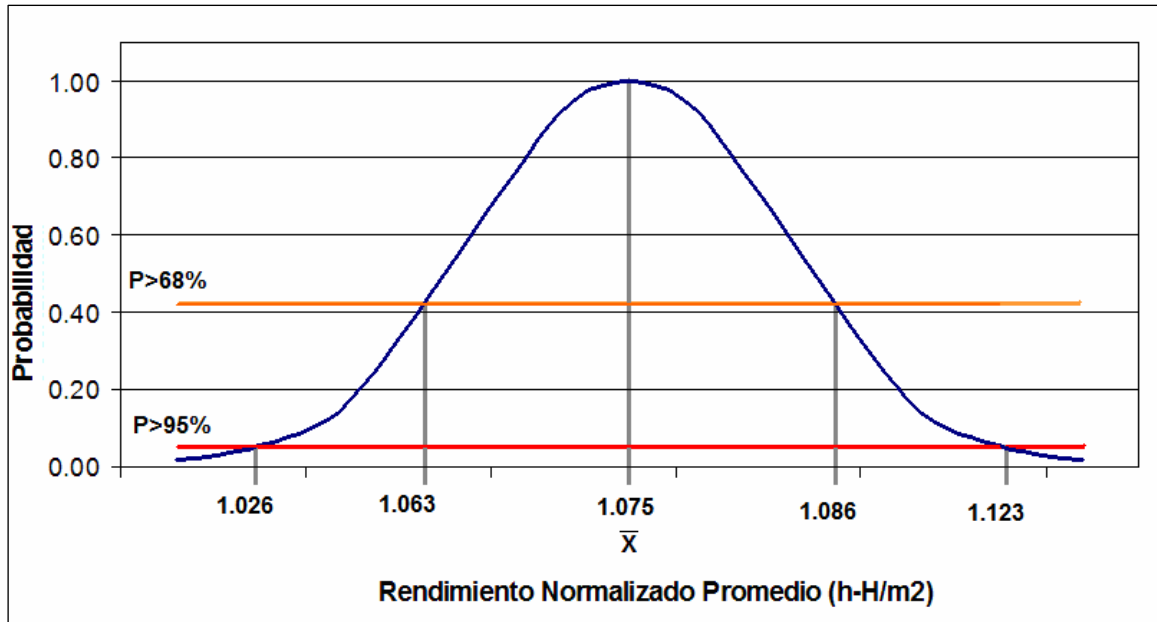
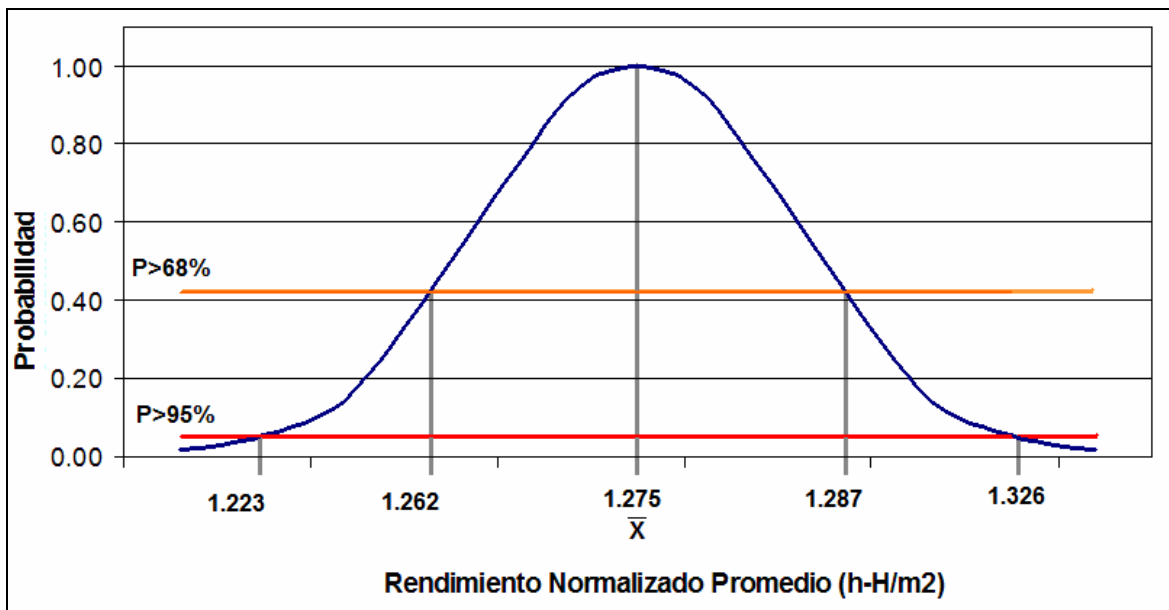


Ilustración 10. Intervalos de Confianza para C2 de Piso Cerámica Marfil Ligth 40x40.



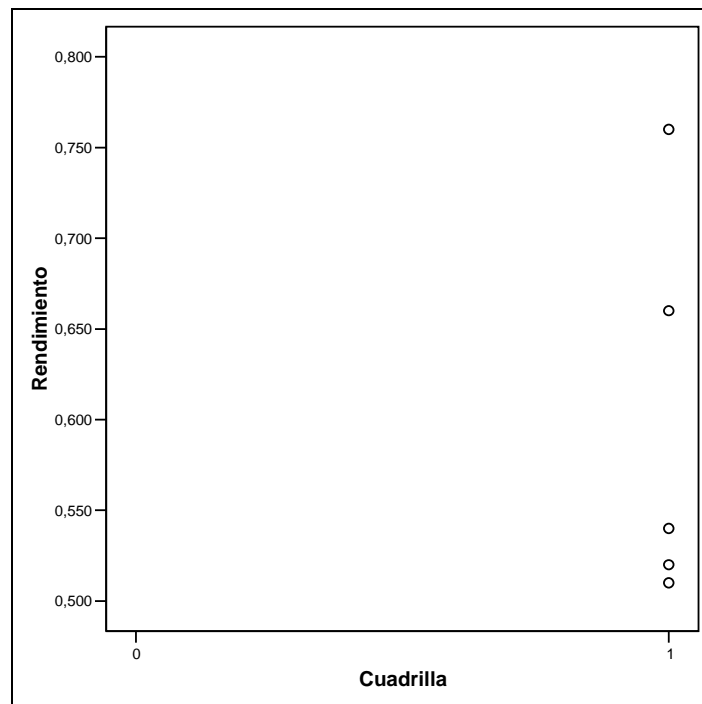
5.1.3 MAMPOSTERÍA EN BLOQUE E11

Se registraron observaciones para cinco cuadrillas diferentes. Sin embargo para cuatro cuadrillas el número de mediciones obtenido fue de dos, motivo por el cual se realizó el análisis de resultados sólo para la cuadrilla restante, la cual contó con cinco mediciones. Esta cuadrilla estaba conformada:

Cuadrilla 1 (C1): 5 observaciones; 2x1

Para esta actividad se encontró que el rendimiento normalizado promedio fue de **0.598 h-H/m²**. En cuando a la variabilidad, se observó gran dispersión en los datos obtenidos (ver figura 11).

Ilustración 11. Diagrama de dispersión para la Actividad de Mampostería en Bloque E11.



La muestra de datos fue también utilizada para calcular intervalos de confianza (IC) para el valor promedio del rendimiento normalizado suponiendo que los datos se ajustan a una función de probabilidad normal (ver Tabla 11).

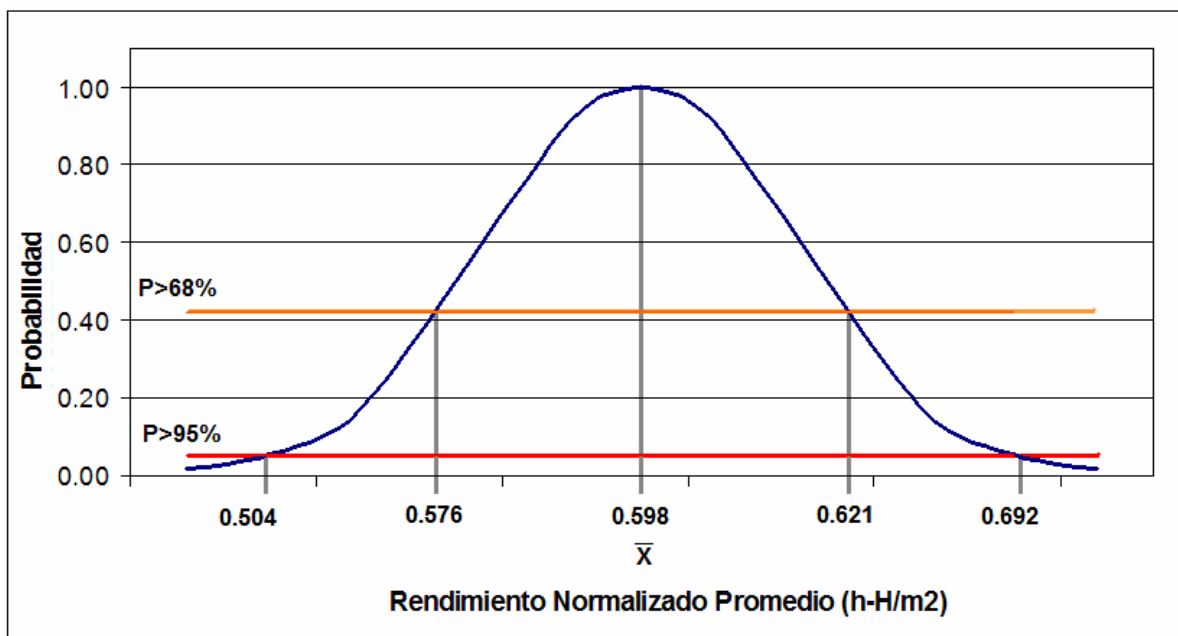
Tabla 11. Intervalos de Confianza para la Actividad de Mampostería en Bloque E11.

| Cuadrilla/IC | IC del 95% | IC del 68% |
|--------------|-----------------|-----------------|
| C1 | (0.504 , 0.692) | (0.576 , 0.621) |

El nivel de confianza en este caso se interpreta de la siguiente forma:

En un 95% de las veces que C1, realice la actividad de Mampostería en Bloque E11 se esperaría obtener un rendimiento en h-H/m² entre (0.504 y 0.692), así mismo se esperaría un rendimiento entre (0.576 y 0.621) en el 68% de las veces. A continuación se ilustra esta información en la figura 12.

Ilustración 12. Intervalos de Confianza para C1 para la Actividad de Mampostería en Bloque E11.



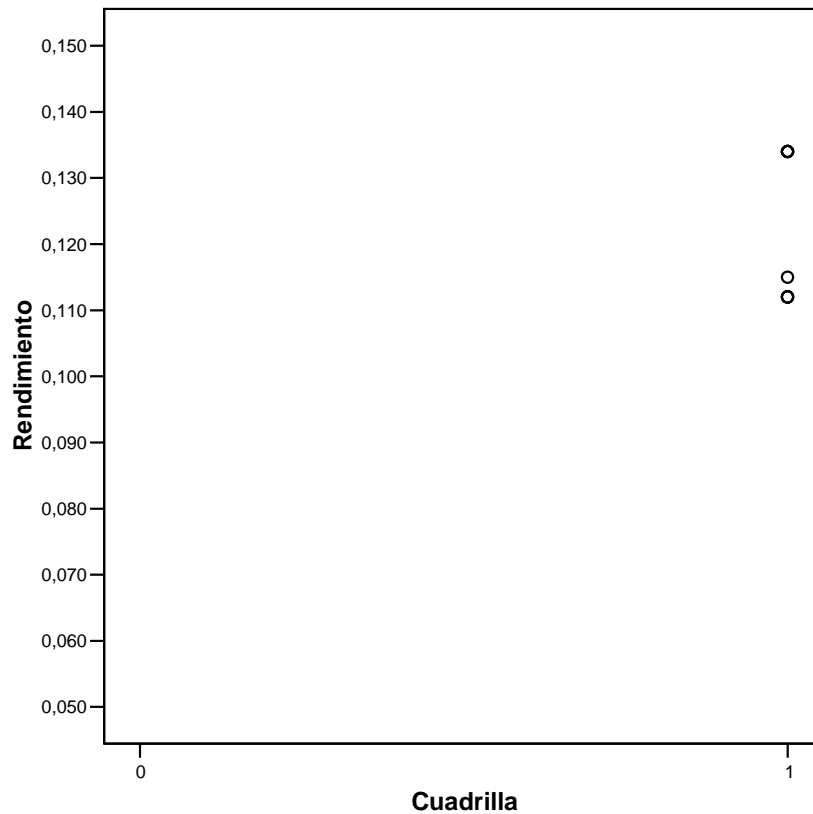
5.1.4 ESTUCO

Para la actividad de estuco se registraron observaciones para la cuadrilla C1 conformada por:

Cuadrilla 1 (C1): 8 observaciones; 3x0

Para esta actividad se encontró que el rendimiento normalizado promedio fue de **0.123 h-H/m²**. En cuando a la variabilidad, se observó que los datos obtenidos mostraron una dispersión baja (ver figura 13).

Ilustración 13. Diagrama de dispersión para la Actividad de Estuco.



La muestra de datos fue también utilizada para calcular intervalos de confianza (IC) para el valor promedio del rendimiento normalizado suponiendo que los datos se ajustan a una función de probabilidad normal (ver Tabla 12).

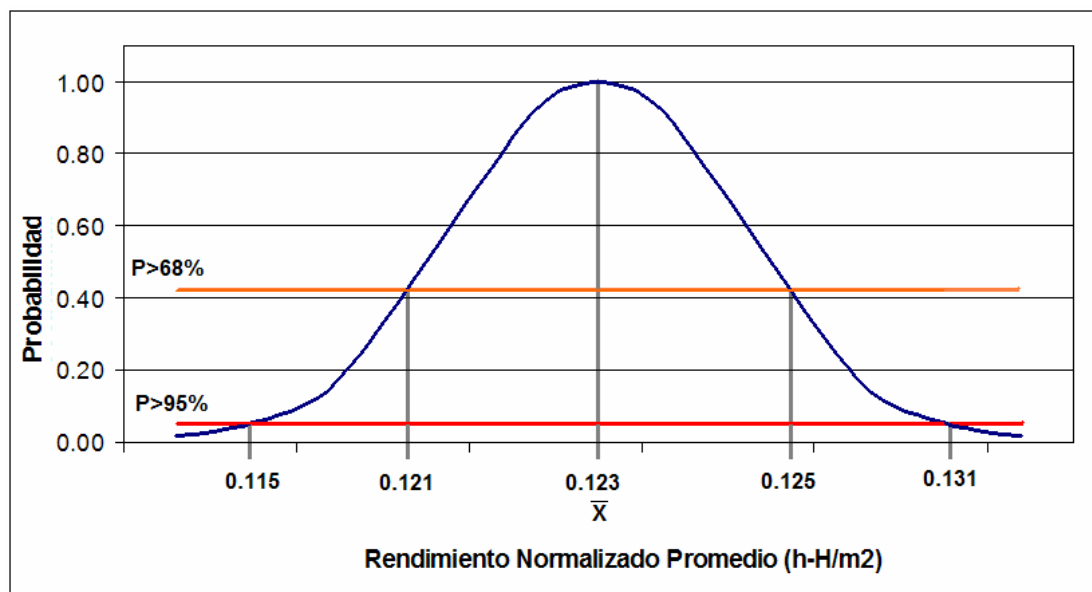
Tabla 12. Intervalos de Confianza para la Actividad Estuco.

| Cuadrilla/IC | IC del 95% | IC del 68% |
|--------------|-----------------|-----------------|
| C1 | (0.115 , 0.131) | (0.121 , 0.125) |

El nivel de confianza en este caso se interpreta de la siguiente forma:

En un 95% de las veces que C1, realice la actividad de estucar se esperaría obtener un rendimiento en $h\text{-}H/m^2$ entre (0.115 y 0.131), así mismo se esperaría un rendimiento entre (0.121 y 0.125) en el 68% de las veces. A continuación se ilustra esta información en la figura 14.

Ilustración 14. Intervalos de Confianza para C1 de Estuco.



5.2 EFECTO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

Haciendo un análisis de los datos medidos en cada actividad se encontró que el efecto de la valoración de los factores de afectación no tuvo un efecto muy alto en el porcentaje de dispersión de los datos, ya que éstos en todas las observaciones realizadas aumentaron el valor de los rendimientos en forma moderada.

Así mismo este aumento en los rendimientos indica que los porcentajes de afectación son mayores al 70 %, lo cual quiere decir que la productividad estimada para la obra se encuentra por encima de la productividad normal para el desarrollo de las actividades estudiadas. Esta información la podemos verificar en la tabla 13 en donde se muestran un resumen de los rendimientos de la mano de obra sin afectar y los normalizados para cada actividad medida.

Tabla 13. Rendimientos Promedios en h-H/m².

| ACTIVIDAD | CDLLA | RDTO PROMEDIO OBTENIDO | RDTO PROMEDIO NORMALIZADO |
|------------------------------------|-------|------------------------|---------------------------|
| FRISO | C1 | 0,449 | 0,463 |
| | C2 | 0,522 | 0,535 |
| | C3 | 0,633 | 0,639 |
| PISO CERÁMICA MARFIL LIGTH (40x40) | C1 | 1.042 | 1.075 |
| | C2 | 1.249 | 1.275 |
| MAMPOSTERÍA EN BLOQUE E11 | C1 | 0,587 | 0,598 |
| ESTUCO | C1 | 0,120 | 0,123 |

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

La metodología empleada para medir la cantidad de recurso humano consumido al elaborar una cierta cantidad de cualquier actividad presente en la construcción, fue descrita y aplicada durante el desarrollo de la práctica empresarial. Como resultado se obtuvo un valor promedio de los rendimientos normalizados en las actividades de Friso, Piso Cerámica Marfil Light 40x40, Mampostería en Bloque E11 y Estuco, para cada cuadrilla bajo estudio. Adicionalmente se encontró el rango de valores que se encuentra alrededor de estos datos con una probabilidad del 68 y 95%.

Los rendimientos obtenidos servirán de referencia en obras de características similares a la estudiada y ejecutadas por la empresa MARVAL S.A., para ejercer una labor eficiente en la planeación y el control de los procesos constructivos medidos.

Durante el proceso de medición se identificó el efecto que causa en la productividad los siguientes factores:

- Habilidad y/o destreza de la cuadrilla: las cuadrillas estudiadas condicionan los rendimientos obtenidos; se encontró que existe una mayor influencia siempre y cuando las cuadrillas se especialicen en determinada actividad, es decir realicen siempre la misma función, en este caso se produce una disminución en el rendimiento.
- Tipicidad: todos los rendimientos obtenidos se encuentran afectados por este factor debido a que en la obra fue posible tener muchas repeticiones

de una actividad en condiciones iguales facilitando la curva de aprendizaje del obrero.

- Tajo: el trabajo limitado a pequeños espacios aumentó el rendimiento.

Se encontró que el método planteado para la medición y evaluación de los factores que afectan los rendimientos no es completamente satisfactorio, ya que al comparar la evaluación de este efecto en las mediciones realizadas para distintas cuadrillas que hacían parte de una misma actividad se obtuvieron rangos diferentes de rendimientos normalizados.

Se recomienda realizar mediciones en las cuales se evalúe el porcentaje de incidencia de cada factor descrito en el método planteado, con el fin de mejorar el proceso de afectación de los factores que inciden en la medición de la productividad.

Para futuras mediciones se propone adelantar registros en los que se contemple la toma repetitiva de datos en áreas iguales, evaluando la misma actividad desarrollada por una misma cuadrilla, con el objetivo de mejorar la homogeneidad de los datos obtenidos.

Para seleccionar las actividades medidas se describieron los criterios tenidos en cuenta en este estudio. Se recomienda su uso debido a que la selección involucra múltiples aspectos, como la importancia de evaluar el impacto que representa el costo en porcentaje de cada actividad con respecto al costo total del proyecto.

En los registros obtenidos fue posible observar que cuando la cuadrilla es especializada en realizar una actividad específica, la productividad aumenta. Por lo tanto se sugiere tener en cuenta este aspecto como un nuevo factor a evaluar en futuras mediciones, y como un método que permite alcanzar un nivel mas alto de productividad.

La medición de la productividad comprende una de las etapas que deben ser realizadas para su mejoramiento. De la misma manera se recomienda identificar y definir claramente los procesos constructivos, realizando un diagnóstico del mismo, con el fin de evaluar, implementar estrategias y acciones de mejoramiento.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO B., Luís Fernando. Análisis de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra. Universidad EAFIT; 2002 (Revista No. 128).

SERPELL B. Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Segunda Edición. Alfaomega Editores, 2002.

CANO A, DUQUE G. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra. SENA – CAMACOL Medellín; 2000.

MONTGOMERY DC, RUNGER GC. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. McGRAW-HILL Interamericana Editores, S.A; 1997.

OTERO L., Gabriel Santiago. Asistencia Técnico-Administrativa para el Soporte del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 en Obras de Ruitoque Condominio, Urbanas S.A. Trabajo de Práctica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander; 2005.

CASTANYER F, Francesc. Control de Métodos y Tiempos. México: ALFAOMEGA Grupo Editor S. A. de C. V. 1999 p. 166.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMULARIO DISEÑADO PARA LA TOMA DE DATOS

| FORMATO PARA LA MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|--------|--------------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|------------|--------|
| FECHA: | | NOMBRE DE LA OBRA: | | | | CONSTRUCTORA: | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE LA OBRA: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELABORADO POR: | | | | | | UM | | | | | | | | | | |
| ACTIVIDAD: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANTIDAD EJECUTADA: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN CUADRILLA: | | CUAD # | | | | | | | | | | | | | | |
| No | NOMBRE | CARGO | F. EVALUACIÓN | | | TIEMPO | | | MOTIVO | | | | | | | |
| | | | CON | HAB | PER | HI | HF | HRI | HRF | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FACTORES DE EVALUACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBRA | | EQUIPAMIENTO | | | CLIMA/SUPERVISIÓN | | | C. ACEPTACION | | | | | | | | |
| | | DIFICULTAD | PELIGRO | INTERRUPCIONES | ORDEN Y ASEO | BASE (SUPERFICIE) | TIPICIDAD | TAJO | HERRAMIENTA | COMFIABILIDAD | DISPONIBILIDAD | ELE. PROTECCION | INSTRUCCIÓN | SEGUIMIENTO | SUPERVISOR | LLUVIA |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 2. CUADRO DE REFERENCIA PARA CALIFICAR LOS FACTORES

| EVALUACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|--------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| FACTORES/PUNTAJE | | E=5 | B=4 | R=3 | M=2 | P=1 |
| TRABAJADOR | CONOCIMIENTO | SUPERIORES | BUENOS | NORMALES | ESCASOS | NINGUNO |
| | HABILIDAD | EXPERTO | HABIL | NORMAL | TORPE | LERDO |
| | PEREZA | ENTUSIASTA | ANIMADO | DISPUESTO | RESIGNADO | MALA GANA |
| | CANSANCIO | VELOZ | RÁPIDO | NORMAL | LENTO | AGOTADO |
| | SITUACIÓN PERSONAL | SATISFACTORIA | BUENA | CON ALTIBAJOS | TRISTE | NEURÓTICO |
| | CAPACITACIÓN | CERTIFICADO | EXPERTO | NORMAL | APRENDIZ | NINGUNA |
| | BUENA FE | COMPROMETIDO | LEAL | CUMPLIDO | AREGAÑADIENTES | RESENTIDO |
| OBRA | DIFICULTAD | MUY FACIL | FACIL | NORMAL | DIFICIL | MUY DIFICIL |
| | PELIGRO | NINGUNO | NORMAL | MODERADO | RIESGOSA | PELIGROSA |
| | INTERRUPCIONES | NINGUNA | DE 0 A 5 MIN | DE 5 A 15 MIN | DE 15 A 60 MIN | > DE 1 HORA |
| | ORDEN Y ASEO | ASEO TOTAL | PISO SUCIO | TRANSITABLE | POCO ESCOMBRO | DIFICIL ACCESO |
| | BASE (SUPERFICIE) | PISO DURO | PISO SECO | PISO HUMEDO | CHARCOS | PANTANO |
| | TIPICIDAD | + 20 REPETIC. | DE 15 A 20 REP. | DE 10 A 15 REP. | DE 5 A 10 REPET. | DE 1 A 5 REPET. |
| | TAJO | + DE 20 UNID. | DE 10 A 20 UNID. | DE 5 A 10 UNID. | DE 2 A 5 UNID. | - DE 2 UNID. |
| EQUIPAMIENTO | HERRAMIENTA | ESPECIAL | ADECUADA | COMUN | INCOMODA | INADECUADA |
| | DISPONIBILIDAD | REPUESTO | SIEMPRE | A TIEMPO | CASI SIEMPRE | NO DISPONIBLE |
| | CONFIABILIDAD | TOTAL | ALTA | BUENA | BAJA | NULA |
| | ELE. PROTECCION | TODOS | CASI TODOS | BASICOS | ALGUNOS | NINGUNO |
| SUPERVISION | C. ACEPTACION | ESCRITOS | VERBALES PREVIOS | VERBALES | A OJO | NINGUNO |
| | INSTRUCCIÓN | ESCRITA | VERBAL PREVIA | NECESARIA | OCASIONAL | NINGUNA |
| | SEGUIMIENTO | TOTAL | PARCIAL | ESPORADICO | EVENTUAL | NINGUNA |
| | SUPERVISOR | MUY COMPETENTE | COMPETENTE | BUENO | REGULAR | MALO |
| CLIMA | LLUVIA | SECO | NUBLADO | LLOVIZNA | AGUACERO | TORMENTA |
| | TEMPERATURA | ACONDICIONADA | FRESCA | NORMAL | ALTA O BAJA | EXTREMAS |
| | CUBIERTA | SOMBRA Y SECO | SOMBRA Y HUMEDO | SOMBRA O SECO | SOL Y SECO | SOL Y LLUVIA |

ANEXO 3. MODELO DE LA TABLA DE DATOS UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO

| Fecha | Grupo | Cantidad m ² | OBRA | | EQUIPO | | PERVIS | | BORAL | | ONOMB | | BAJAJ | | PROM | | Productividad (m ²) | | Rendimiento | | OBRA | EQUIPO | PERVIS | BORAL | ONOMB | BAJAJ | A. GLOBAL | PRODUCCIÓN AJUSTADA | RENDIMIENTO AJUSTADO |
|--------|-------|----------------------------|------|------|--------|------|--------|------|-------|------|--------|---------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-----------|------------------------|-------------------------|
| | | | PROM | PROM | PROM | PROM | PROM | PROM | PROM | PROM | Diaría | Horaria | d·C/m ² | d·Hm ² | h·C/m ² | h·Hm ² | m ² /d·C | m ² /h·C | m ² /h·H | d·C/m ² | | | | | | | | | |
| 16-abr | 1 | 157.00 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 52.3 | 26.2 | 5.2 | 2.6 | 0.019 | 0.038 | 0.191 | 0.382 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.38 | 2.53 | 0.395 | | | | |
| 18-abr | 1 | 133.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 44.3 | 22.2 | 4.4 | 2.2 | 0.023 | 0.045 | 0.226 | 0.451 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.15 | 0.465 | | | | |
| 19-abr | 1 | 150.00 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 50.0 | 25.0 | 5.0 | 2.5 | 0.020 | 0.040 | 0.200 | 0.400 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.38 | 2.42 | 0.414 | | | | |
| 20-abr | 1 | 108.28 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 36.1 | 18.0 | 3.6 | 1.8 | 0.028 | 0.055 | 0.277 | 0.554 | 73.7 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 71.99 | 1.75 | 0.570 | | | | |
| 23-abr | 1 | 155.20 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 51.7 | 25.9 | 5.2 | 2.6 | 0.019 | 0.039 | 0.193 | 0.387 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.38 | 2.50 | 0.400 | | | | |
| 24-abr | 1 | 123.80 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 41.3 | 20.6 | 4.1 | 2.1 | 0.024 | 0.048 | 0.242 | 0.485 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.00 | 0.500 | | | | |
| 25-abr | 1 | 133.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 44.3 | 22.2 | 4.4 | 2.2 | 0.023 | 0.045 | 0.226 | 0.451 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.15 | 0.465 | | | | |
| 26-abr | 1 | 131.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 43.7 | 21.8 | 4.4 | 2.2 | 0.023 | 0.046 | 0.229 | 0.458 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.12 | 0.472 | | | | |
| 27-abr | 1 | 148.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 49.3 | 24.7 | 4.9 | 2.5 | 0.020 | 0.041 | 0.203 | 0.405 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.39 | 0.418 | | | | |
| 30-abr | 1 | 135.50 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 45.2 | 22.6 | 4.5 | 2.3 | 0.022 | 0.044 | 0.221 | 0.443 | 73.7 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 71.99 | 2.20 | 0.455 | | | | |
| 02-may | 1 | 141.34 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 47.1 | 23.6 | 4.7 | 2.4 | 0.021 | 0.042 | 0.212 | 0.425 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.28 | 0.438 | | | | |
| 03-may | 1 | 131.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 43.7 | 21.8 | 4.4 | 2.2 | 0.023 | 0.046 | 0.229 | 0.458 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 72.18 | 2.12 | 0.472 | | | | |
| 04-may | 1 | 110.50 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 36.8 | 18.4 | 3.7 | 1.8 | 0.027 | 0.054 | 0.271 | 0.543 | 73.7 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 72.50 | 71.99 | 1.79 | 0.558 | | | | |
| 11-abr | 2 | 77.47 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 36.7 | 19.4 | 4.1 | 2.0 | 0.026 | 0.052 | 0.245 | 0.491 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.99 | 0.503 | | | | |
| 16-abr | 2 | 70.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 35.0 | 17.5 | 3.7 | 1.8 | 0.029 | 0.057 | 0.271 | 0.543 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.80 | 0.556 | | | | |
| 17-abr | 2 | 71.22 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 35.6 | 17.8 | 3.7 | 1.9 | 0.028 | 0.056 | 0.267 | 0.534 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.83 | 0.547 | | | | |
| 19-abr | 2 | 56.20 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 28.1 | 14.1 | 3.0 | 1.5 | 0.036 | 0.071 | 0.338 | 0.676 | 73.7 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.53 | 1.45 | 0.691 | | | | |
| 23-abr | 2 | 67.50 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 33.8 | 16.9 | 3.6 | 1.8 | 0.030 | 0.059 | 0.281 | 0.563 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.73 | 0.577 | | | | |
| 26-abr | 2 | 95.00 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 47.5 | 23.8 | 5.0 | 2.5 | 0.021 | 0.042 | 0.200 | 0.400 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.91 | 2.43 | 0.411 | | | | |
| 26-abr | 2 | 61.00 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 30.5 | 15.3 | 3.2 | 1.6 | 0.033 | 0.066 | 0.311 | 0.623 | 73.7 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.53 | 1.57 | 0.637 | | | | |
| 27-abr | 2 | 74.00 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 37.0 | 18.5 | 3.9 | 1.9 | 0.027 | 0.054 | 0.257 | 0.514 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.90 | 0.526 | | | | |
| 30-abr | 2 | 73.24 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 36.6 | 18.3 | 3.9 | 1.9 | 0.027 | 0.055 | 0.259 | 0.519 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.88 | 0.532 | | | | |
| 01-may | 2 | 69.12 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 34.6 | 17.3 | 3.6 | 1.8 | 0.029 | 0.058 | 0.275 | 0.550 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.78 | 0.563 | | | | |
| 02-may | 2 | 90.00 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 45.0 | 22.5 | 4.7 | 2.4 | 0.022 | 0.044 | 0.211 | 0.422 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.91 | 2.31 | 0.434 | | | | |
| 03-may | 2 | 86.00 | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 43.0 | 21.5 | 4.5 | 2.3 | 0.023 | 0.047 | 0.221 | 0.442 | 76.0 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.91 | 2.20 | 0.454 | | | | |
| 04-may | 2 | 74.70 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 3.2 | 37.4 | 18.7 | 3.9 | 2.0 | 0.027 | 0.054 | 0.254 | 0.509 | 74.9 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 69.70 | 71.72 | 1.92 | 0.521 | | | | |
| 11-abr | 3 | 56.40 | 3.6 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 28.2 | 14.1 | 3.0 | 1.5 | 0.035 | 0.071 | 0.337 | 0.674 | 69.1 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.48 | 1.47 | 0.678 | | | | |
| 16-abr | 3 | 84.35 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 42.2 | 21.1 | 4.4 | 2.2 | 0.024 | 0.047 | 0.225 | 0.451 | 70.3 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.67 | 2.20 | 0.465 | | | | |
| 17-abr | 3 | 57.78 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 28.9 | 14.4 | 3.0 | 1.5 | 0.035 | 0.069 | 0.329 | 0.658 | 70.3 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.67 | 1.51 | 0.684 | | | | |
| 18-abr | 3 | 43.71 | 3.6 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 21.9 | 10.9 | 2.3 | 1.2 | 0.046 | 0.092 | 0.435 | 0.869 | 69.1 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.48 | 1.14 | 0.875 | | | | |
| 23-abr | 3 | 53.14 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 26.6 | 13.3 | 2.8 | 1.4 | 0.038 | 0.075 | 0.358 | 0.715 | 70.3 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.67 | 1.39 | 0.722 | | | | |
| 24-abr | 3 | 44.00 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 22.0 | 11.0 | 2.3 | 1.2 | 0.045 | 0.091 | 0.432 | 0.864 | 70.3 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.67 | 1.15 | 0.872 | | | | |
| 25-abr | 3 | 42.00 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 21.0 | 10.5 | 2.2 | 1.1 | 0.048 | 0.095 | 0.452 | 0.905 | 70.3 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.67 | 1.09 | 0.913 | | | | |
| 26-abr | 3 | 91.00 | 3.9 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 45.5 | 22.8 | 4.8 | 2.4 | 0.024 | 0.044 | 0.209 | 0.418 | 71.4 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.86 | 2.37 | 0.423 | | | | |
| 27-abr | 3 | 82.40 | 3.9 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 41.2 | 20.6 | 4.3 | 2.2 | 0.024 | 0.049 | 0.231 | 0.461 | 71.4 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.86 | 2.14 | 0.467 | | | | |
| 01-may | 3 | 79.00 | 3.9 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 39.5 | 19.8 | 4.2 | 2.1 | 0.025 | 0.051 | 0.241 | 0.481 | 71.4 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.86 | 2.05 | 0.487 | | | | |
| 02-may | 3 | 61.52 | 4.1 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 30.8 | 15.4 | 3.2 | 1.6 | 0.033 | 0.065 | 0.309 | 0.618 | 72.6 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 71.05 | 1.59 | 0.527 | | | | |
| 03-may | 3 | 78.92 | 3.9 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.0 | 2.7 | 39.5 | 19.7 | 4.2 | 2.1 | 0.025 | 0.051 | 0.241 | 0.482 | 71.4 | 71.00 | 68.75 | 76.00 | 70.00 | 68.00 | 70.86 | 2.05 | 0.487 | | | | |