

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 13 de noviembre del 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Ismael Enrique Rubiano Solano , con C.C. No. 1.075.236.337 ,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado: Ismael Enrique Rubiano Solano

Titulado: Determinación del rendimiento mensual de mano de obra de actividades de reparación en redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Neiva. Presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola ;autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Ismael Enrique Rubiano Solano



Firma: _____

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Determinación del rendimiento mensual de mano de obra en actividades de reparación en redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Neiva

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rubiano Solano	Ismael Enrique

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Duarte Toro	Mauricio

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pallares Muños	Myrian Roció
Orozco Chavarro	Emilio

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 59

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_x__ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
 Láminas___ Litografías___ Mapas_x_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
 o Cuadros_x_

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Office

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

Inglés

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Rendimiento de mano de obra | Performance labor |
| 2. reparación | repair |
| 3. restitución | restoration |
| 4. acueducto | water supp |
| 5. excavación | excavación |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente estudio lleva a cabo el análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de reparación y restitución en redes de acueducto y alcantarillado, realizadas por la empresa prestadora de servicios públicos de la ciudad de Neiva, Empresas Publicas de Neiva, donde se evaluaron actividades como excavación, compactación, reparación de la tubería en el caso de acueducto y restitución en el caso de alcantarillado.

En la elaboración de los procesos de desarrollo de Empresas Publicas de Neiva, concernientes en las actividades de reparación en redes acueducto y alcantarillado, donde juega un papel importante la elaboración del presupuesto y la programación de obra, nace la necesidad de obtener los rendimientos de mano de obra con el fin de encontrar un estándar de rendimiento que se lleva a cabo por medio del análisis de los datos obtenidos en campo, que permita ver la eficiencia del personal en cada una de las actividades realizadas, teniendo en cuenta los factores propios de la zona como climáticos, económicos y sociales del municipio de Neiva, esta información se tabuló y permitió calcular los rendimientos asociados a cada una de las actividades estudiadas, obteniendo como resultado principal una unidad de medida comparativa a partir de la experiencia.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This study carried out an analysis of labor income for repair and restoration activities on water and sewage networks, carried out by the company providing public services in the city of Neiva, Public Enterprises of



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

Neiva, where activities were evaluated as excavation, compaction, repair of the pipeline in the case of water and restitution in the case of sewage.

In the preparation of the development processes of public enterprises in Neiva, concerning repair activities aqueduct and sewer networks, which plays an important role budgeting and scheduling work, it comes the need for hand yields work in order to find a standard of performance that is carried out by analyzing the data obtained in the field, that allows to see the efficiency of the staff in each of the activities, taking into account the specific factors area as climatic, economic and social of the municipality of Neiva, this information is tabulated and allowed to calculate the returns associated with each of the activities studied, obtaining as main result comparative measurement unit from the experience.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Mauricio Duarte Toro

Firma:

Nombre Jurado: Myrian Roció Pallares Muñoz

Firma:

Nombre Jurado: Emilio Orozco Chavarro

Firma:



Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Agrícola



**DETERMINACION DEL RENDIMIENTO MENSUAL DE MANO DE OBRA PARA
ACTIVIDADES DE REPARACION EN REDES DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE NEIVA**

INFORME FINAL PASANTIA E.P.N E.P.S

Presentado por:

ISMAEL ENRIQUE RUBIANO SOLANO COD: 2007268927

Presentado a:

ING. MAURICIO DUARTE TORO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA: INGENIERIA AGRICOLA

1

*Ismael Enrique Rubiano Solano
Estudiante Ingeniería Agrícola
Cel.: 3102676267*



NEIVA-HUILA

NOTA DE ACEPTACION

Director. Ing. Mauricio Duarte Toro

Jurado. Ing. Myriam Roció Pallares Muñoz

Jurado. Ing. Emilio Orozco Chavarro



Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Agrícola



DEDICATORIA

A mis padres por haber forjado con mucho esfuerzo, dedicación y amor el camino de la persona que soy en la actualidad, gracias por que con su motivación incansable fueron un motor importante para alcanzar el logro que obtengo en la actualidad

AGRADECIMIENTOS

3

*Ismael Enrique Rubiano Solano
Estudiante Ingeniería Agrícola
Cel.: 3102676267*



Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Agrícola



El autor expresa sus agradecimientos a:

Mauricio Duarte Toro, Director de la pasantía por su motivación en la realización del presente proyecto.

A Empresas Publicas de Neiva por su colaboración para permitirme realizar el proyecto

A la universidad Surcolombiana por permitirme los medios para realizarme como profesional.

A mis padres quienes han forjado mi realización personal a lo largo de mi vida.



TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
Resumen trabajo de grado.....	8
Introducción.....	10
1.1. Objetivo General.....	11
1.2. Objetivos Específicos.....	11
2. Marco Teórico.....	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Reseña histórica alcantarillado.....	15
2.2.1. Clasificación De Los Alcantarillados.....	16
3.2. Reseña Histórica Acueducto.....	17
3. Rendimiento mano de obra.....	19
3.1. Definición.....	20
3.2. Rendimientos en la industria de la construcción.....	20
3.3. Tipos de rendimientos.....	21
3.4. Base de datos de rendimientos.....	23
3.5 Problemática asociada a los rendimientos como herramientas de planeación..	23
3.6. Aspectos que afectan y determinan los rendimientos	24
3.7. Metodología para calculo de rendimientos.....	29
3.8 Estudio de rendimiento mensual mano de obra Empresas Publicas de Neiva...	30
4. Toma de datos y procesamiento de la información,.....	31



4.1. Procedimiento Red de Acueducto.....	32
4.2. Restitucion Red de Alcantarillaro.....	35
4.3. Actividades Objeto del Presente Estudio.....	37
5. Diseño tabla Matriz de elementos.....	37
5.1. Diseño de la tabla Matriz No 1.....	38
5.2. Diseño de tabla Matriz No 2.....	42
6. Resultados.....	46
6.1. Analisis de resultados- indices de productividad	52
Conclusiones.....	55
Recomendaciones.....	57
Bibliografía.....	59

CONTENIDO DE TABLAS

	PÁG.
Diseño de tabla matriz No 1.....	41
Diseño tabla matriz No 2.....	45
Rendimientos excavación acueducto.....	46
Rendimiento Reparación tubería acueducto.....	47
Rendimiento Relleno material compactación.....	48



Rendimiento excavación alcantarillado.....	49
Rendimiento Restitución alcantarillado.....	50
Rendimiento Relleno material compactado alcantarillado.....	51
Porcentajes de diferencia rendimiento y personal.....	52

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
1. Imágenes ubicación geográfica.....	32
2. Imágenes Acueducto.....	33
3. Imágenes Alcantarillado.....	35

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO



TITULO: RENDIMIENTO MENSUAL DE OBRA PARA ACTIVIDADES DE REPARACION EN REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE NEIVA

AUTOR: ISMAEL ENRIQUE RUBIANO SOLANO

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECTOR: MAURICIO DUARTE TORO

RESUMEN

El presente estudio lleva a cabo el análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de reparación y restitución en redes de acueducto y alcantarillado, realizadas por la empresa prestadora de servicios públicos de la ciudad de Neiva, Empresas Publicas de Neiva, donde se evaluaron actividades como excavación, compactación, reparación de la tubería en el caso de acueducto y restitución en el caso de alcantarillado.

En la elaboración de los procesos de desarrollo de Empresas Publicas de Neiva, concernientes en las actividades de reparación en redes acueducto y alcantarillado, donde juega un papel importante la elaboración del presupuesto y la programación



de obra, nace la necesidad de obtener los rendimientos de mano de obra con el fin de encontrar un estándar de rendimiento que se lleva a cabo por medio del análisis de los datos obtenidos en campo, que permita ver la eficiencia del personal en cada una de las actividades realizadas, teniendo en cuenta los factores propios de la zona como climáticos, económicos y sociales del municipio de Neiva, esta información se tabuló y permitió calcular los rendimientos asociados a cada una de las actividades estudiadas, obteniendo como resultado principal una unidad de medida comparativa a partir de la experiencia.

INTRODUCCIÓN



En la programación de las obras civiles se encuentran etapas muy importantes que marcan la diferencia en la realización de estas, tales como, el plan económico, ventas, inversión y ejecución; donde se orientan un conjunto de actividades independientes hacia un fin específico, con una duración predeterminada, alcanzando los objetivos dentro de las especificaciones técnicas pactadas. En la planificación y realización del presupuesto es de suma importancia contar con rendimientos de mano de obra confiables, ya que estos pueden disminuir los costos de tiempo y ejecución.

En la ejecución de los trabajos de reparación de redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Neiva, influye de manera determinante el tiempo y la calidad de los distintos procesos que se realizan por la mano de obra. La necesidad de obtener rendimientos en las actividades realizadas por la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado, Empresas Públicas de Neiva (EPN) son de suma importancia, puesto que los rendimientos que se producen son parte fundamental, ya que estos pueden generar disminución en el tiempo de ejecución, calidad y economía en las distintas actividades desarrolladas.

El presente estudio surge de la necesidad de contar con datos confiables de rendimientos de mano de obra en las actividades de reparación de redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Neiva, las cuales serán esenciales para el cálculo de los rendimientos en cada una de las actividades estudiadas.

1. OBJETIVO



1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinación del Rendimiento mensual de mano de obra en la reparación de redes de acueducto y alcantarillado realizadas por Empresas Publicas de Neiva.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir las distintas actividades que se desarrollan por parte del personal de Empresas Publicas de Neiva, en las reparaciones de redes de acueducto y alcantarillado
- Identificar los factores que influyen en los rendimientos de mano de obra del personal de Empresas Publicas de Neiva.
- Elaborar una tabla matriz mediante la cual se puedan registrar en tiempo real los rendimientos de mano de obra (índices de productividad).
- Hacer un análisis detallado con los datos obtenidos en campo, mediante lo cual se mejore la eficiencia en las distintas actividades desarrolladas por el personal.

2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

11



Como preocupación permanente en la obtención de tan anhelada base de datos que permita tener las herramientas e identificar duraciones aproximadas con base en los rendimientos de mano de obra, la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), seccional Antioquia y el SENA, encargaron en el año 2000 a las empresas constructoras PSI S.A y GDV Ingeniería S.A. para desarrollar una metodología que permita en forma normalizada la obtención de datos en proyectos de construcción con el fin de conformar la base de datos para el Valle de Aburrá y que posteriormente pueda extenderse por todo el país.

La metodología sobre la toma de datos en obra, planteada por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V., se convierte en el punto de partida para la recolección en forma sistemática de datos, con lo cual es posible obtener la base de datos confiables de actividades de construcción.

En el año 2002 el Arquitecto Constructor Luis Fernando Botero Botero, publicó un artículo resultado de una investigación sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción de proyectos de vivienda de interés social en mampostería estructural. Durante seis meses se realizaron observaciones y se tomaron datos suficientes para ser analizados estadísticamente. Como resultado, se inició la conformación de una base de datos sobre consumos de mano de obra, que incluye los factores que inciden sobre dicho consumo.

Durante el año 2008 los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad de Medellín Catalina Cadavid Aristizabal y Diego Alfonso Beltrán realizan su trabajo de grado titulado, “Rendimientos de mano de obra en acabados en la construcción”, donde tuvieron como objetivo principal, determinar los rendimientos de mano de obra de las distintas actividades en la construcción, para así consolidar una base de datos confiable y útil para las empresas constructoras del país.



Se ha realizado una investigación más reciente como: “Rendimiento de mano de obra en excavaciones para viviendas de una y dos plantas en la ciudad de Barranquilla” realizada en el año 2009 por el Ing. Dorian Rodríguez González de la Corporación Universitaria de la Costa CUC, Barranquilla – Colombia.

Otra investigación referente al tema en estudio, se realizó en el año 2007 acerca del “Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimientos de mano de obra en el Departamento de Santander” por parte del Ingeniero Civil Guillermo Mejía Aguilar, profesor auxiliar de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, donde postula que la planeación sirve de referencia a los sistemas de control y exige adoptar buenas metodologías de seguimiento. Frecuentemente se presentan problemas, ya que no se adoptan indicadores adecuados de control como la productividad, lo que impide identificar y definir sistemática y sistémicamente, situaciones que requieren acciones correctivas o de mitigación importantes. Dicha investigación apuntó hacia la identificación de metodologías de seguimiento apropiadas, tomando la productividad de la mano de obra como indicador de gestión y control.

En el ámbito internacional, uno de los países que ha intentado trabajar en esta situación y que sean referentes cercanos a nuestro entorno o a nuestras costumbres es Perú. En dicho país inclusive, tienen implantado de forma legal un Manual de rendimientos mínimos de mano de obra en las provincias de Lima y Callao, los cuales han sido tomados de la Resolución Ministerial N° 175 del 09 de abril de 1968 del Ministerio de Vivienda y Construcción. Dicha resolución ministerial define el estándar mínimo que debe realizar un operario promedio en una jornada de ocho



horas. El estándar de rendimientos promedio corresponde a una recomendación de la Cámara Peruana de los Constructores CAPECO1 para las empresas afiliadas. Ambos estándares son aplicables a las provincias de Lima y Callao, del Departamento de Lima.

Siguiendo el ámbito internacional, los ingenieros, docentes e investigadores del centro de investigación para la racionalización de la construcción tradicional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (Arg), Raul Navas y Liliana Torres publican un artículo como resultado de la investigación: “Mano de obra en la construcción: determinación de la cuadrilla óptima por medio de una herramienta de simulación’ con el objeto de profundizar el análisis de tiempos de duración de una tarea y de acuerdo con las conformaciones usuales de equipos de trabajo (cuadrillas) compuestos por oficiales y ayudantes, los autores desarrollan una metodología para optar por la cuadrilla que produzca menor desperdicio de tiempo (cuadrilla óptima) en la ejecución del trabajo encomendado. Con esta herramienta de simulación se procura poner en manos de quien planifica el programa de actividades, un instrumento para evaluar y comparar diferentes escenarios. Así se facilita la decisión de elegir la cuadrilla de trabajo que se aproxime mejor a la situación particular de la obra, en función de sus características y condicionantes.

2.2 Reseña Histórica Alcantarillado

Los datos más antiguos nos muestran que desde la época de los egipcios 1500 AC, se usaban las alcantarillas para la evacuación de los desechos, también se conoce que el templo de Jerusalén existía una alcantarilla que transportaba agua negras a



un pozo, en donde los sólidos que se sedimentaban eran aprovechados como abono para la tierra y el agua clarificada para el riego de jardines.

En el siglo VI se construyó en roma un alcantarillado, al cual se conectaban mediante tubos pequeños, las letrinas públicas o particulares, construidos con el pago de un impuesto especial para este fin.

Es así que la historia nos enseña la constante preocupación del hombre, por alejar rápidamente las aguas negras, sobre todo en los sitios de gran concentración humana, donde se ve latente el peligro de enfermedades y epidemias.

2.2.1 Clasificación de Los Alcantarillados

Según su uso:

- Alcantarillado sanitario: se utiliza únicamente para recibir, conducir y entregar las aguas negras provenientes de las viviendas, almacenes, industrias etc...
No recibe las aguas lluvias.



- Alcantarillado pluvial: únicamente para la evacuación de la escorrentía superficial (agua lluvias) producida por la precipitación, acompañado de otro alcantarillado independiente de aguas negras, conformando así el alcantarillado separado.
- Alcantarillado combinado: recoge y conduce simultáneamente las aguas negras, aguas industriales y aguas lluvias.
- Alcantarillado A.S.A.S (sin arrastre de sólidos): se usa generalmente en sitios planos y poblaciones pequeñas y consiste en varias estructuras como, pozo séptico, registro de limpieza y red de tuberías.

Según su forma:

- Circulares: son los más usados.
- Elípticos u ovoides: presentan gran capacidad para soportar cargas, pero son muy pocos usados en la actualidad.
- Canales: cauces artificiales, abiertos y revestidos en concreto, utilizadas en las grandes ciudades para la conducción de agua lluvias, localizados por el



eje de la vía por lo general de forma trapezoidal. **Diana Marcela Fuquene Yate (2013) clasificación de los sistemas de alcantarillado. Lección 6. Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

2.3 Reseña Histórica Acueducto

Hacia el año 700 a.C., Senaquerib, rey de Asiria de 704 a 681 a.C., mando construir un acueducto que abasteciera de agua su capital, Nínive. Por la misma época, Ezequías, rey de Judá entre 715 y 686 a.C., aproximadamente, edificó a su vez un acueducto que lleva el agua a Jerusalén. Pero el sistema de transporte de agua más extenso de la antigüedad fue quizá el construido por los romanos. El primero que construyeron, Aqua Apia, era un acueducto subterráneo de 16 km de longitud. Fue erigido durante el mandato de Apio Claudio (llamado el Ciego), por lo cual se llamó posteriormente Vía Apia, hacia año 310 a.C. El primer acueducto romano que transportaba el agua sobre la superficie del suelo fue el Aqua Marcia, en Roma; tenía una longitud de 90 km y fue construido por el pretor Marcio en el año 144 a.C. La sección de este acueducto, soportada por puentes, medía unos 16 km. Diez acueductos suministraban agua a la antigua ciudad de Roma, unos 140.000 m³ de agua al día. En la actualidad se encuentran porciones de ellos que todavía están en funcionamiento, y proporcionan agua a las fuentes de Roma. Los antiguos romanos también construyeron acueductos en otros lugares de su imperio, muchos de los cuales se mantienen todavía en buen estado: el acueducto sobre el canal de Francia; el de Segovia en España y el de Éfeso en Turquía.



A partir del siglo XIX el aumento de la población en las zonas urbanas obligó a realizar grandes obras de conducción y tratamiento de las aguas. Se comenzaron a utilizar las instalaciones de conducción de sifón basadas en el empleo de distintas presiones. Los acueductos modernos han modificado su estructura y están integrados por grandes tuberías de hierro, acero, cemento y PVC.

El acueducto es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante.

Cualquier asentamiento humano, por pequeño que sea, necesita disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales. La solución más elemental consiste en establecer el poblamiento en las proximidades de un río o manantial, desde donde se acarrea el agua a los puntos de consumo. Otra solución consiste en excavar pozos dentro o fuera de la zona habitada o construir aljibes. **Proyectos al hogar (2005). Origen de acueductos [Línea] Fundación Héctor A. García. El Tiempo.**

3. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA

La productividad en la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados logrando el cumplimiento de metas deseadas, esta radica en optimizar los insumos empleados de modo que se consiga una mayor cantidad de producto con menores recursos empleados, lo que significa una gran ganancia en tiempo y utilización del



insumo. **Polanco Sánchez, L. (2009). *Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción*. Estudio de caso Edificio JUPB. Tesis. Remolina: Universidad Pontificia Bolivariana. Pg.5. Párrafo1**

Dentro de los insumos requeridos en las obras civiles se encuentran tres grandes grupos que son: materiales requeridos para la actividad, relación de equipo y herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de dicha tarea. Esta última depende directamente del rendimiento del personal utilizado, así que puede hacer que la productividad aumente o disminuya dependiendo del comportamiento de los rendimientos producidos en la ejecución de una actividad. **Botero Botero, L. (2002). *Análisis de rendimientos de consumo de mano de obra en actividades de construcción*. Artículo. Botero. Revista No 128 Universidad EAFIT**

3.1 DEFINICIÓN

El rendimiento de mano de obra es el tiempo que emplea un obrero o una cuadrilla para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra. Se encuentra relacionado directamente con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto, el rendimiento se puede cuantificar por mediciones realizadas en las obras y está sujeto a las condiciones de cada uno de los empleados.



3.2 RENDIMIENTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Dentro de los insumos requeridos en las obras civiles se cuentan con tres grandes grupos, que son: materiales requeridos para la actividad, relación de equipo y herramienta y mano de obra necesaria para la ejecución de dicha tarea. Esta última depende directamente del rendimiento del personal utilizado, así que puede hacer que la productividad aumente o disminuya dependiendo del comportamiento de los rendimientos producidos en la ejecución de una actividad.

En la planificación de una obra civil se encuentran etapas muy importantes que marcan la diferencia en la realización de esta, tales como, el plan económico de inversión , ventas, presupuesto y programación; todas estas requieren una forma óptima de manejo de modo que se presenten desperdicios y por tanto una pérdida económica. En la planificación y posterior ejecución del presupuesto y la programación son fundamentales los rendimientos de mano de obra ya que pueden disminuir los costos y tiempos de ejecución. **Alvares Quintero. (2014). Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción-en viviendas unifamiliares. Estudio de caso Condominio Villas del Prado. Tesis. Luisa Fernanda: Universidad Surcolombiana. Pg 27. Párrafo1.**

3.3 TIPOS DE RENDIMIENTO

Los tipos de rendimiento en las obras civiles se distribuyen en 3 grupos, los rendimientos en materiales los cuales están dados cantidad de material entre unidad de material; mientras que la mano de obra y herramienta y equipo se mide por tiempo de uso sobre unidad de actividad.



- Rendimientos para materiales: es la relación entre cantidad de material y la unidad de medida de la actividad, es decir que durante la ejecución de los trabajos se encuentra un desperdicio por cada material instalado, por ejemplo en la construcción de un muro de mampostería, se encuentra un desperdicio en los cortes que se requieren para la traba de los ladrillos, ya que al cortarlos, no todos alcanzan la longitud apropiada en la instalación y por tanto se desechan, luego existe un rendimiento calculable dependiendo de las características de cada material; también existen otros factores como: transporte, acopio, calidad del producto, limpieza, organización, almacenamiento entre otros.
- Rendimientos de equipo y herramienta: este rendimiento se define como el tiempo de uso de la maquinaria, equipo o herramienta en la elaboración de una actividad, depende de la cantidad de trabajo que pueda realizarse con el equipo o herramienta y el tiempo que lleve hacerlo, también influye tipo de herramienta y equipo que se use, por ejemplo los rendimientos de una retroexcavadora depende de la capacidad de esta, la vida útil y el desempeño del operario. Este tipo de rendimiento presenta dificultad en el momento de medición ya que no existe información sobre el porcentaje de uso y el tiempo necesario de una herramienta durante la ejecución de una actividad, por ejemplo, el uso de un vibrador para concreto en la fundida de varias columnas, ya que este no se utiliza por una sola columna, sino en todos los elementos sino en todos los elementos que se estén ejecutando en ese



momento. Para el cálculo de este tipo de rendimiento se necesario el conocimiento y la experiencia.

- Rendimiento de mano de obra: estos dependen directamente de los factores que afectan las condiciones del trabajador, como son el estado de ánimo, situación personal, habilidades, conocimiento, condiciones físicas, y ritmo de trabajo. Este rendimiento se calcula como el tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollo de una actividad específica. Uno de los problemas más grande que presenta en el momento de evaluar los rendimientos de la mano de obra son que no se pueden unificar, ya que son típicos de cada región, y dependen de factores como el clima, la altitud, y el tipo de obra a realizar. **Alvares Quintero. (2014). *Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción-en viviendas unifamiliares*. Estudio de caso Condominio Villas del Prado. Tesis. Luisa Fernanda: Universidad Surcolombiana. Pg 32.**

3.4 BASE DE DATOS DE RENDIMIENTO:

Una base de datos de rendimientos es un conjunto de datos o información que se encuentra guardada y se caracteriza por que pertenece a un mismo contexto y generalmente está disponible para consulta de otros, es producto de estudios realizados anteriormente y cuenta con la aprobación de personal experto en el tema.

Las bases de datos de rendimientos se contextualiza dependiendo de las condiciones de cada obra, sus actividades, su sitio de ejecución, el tiempo de ejecución, presupuesto, especificaciones técnicas y personal por lo tanto son



variables dependiendo de estas y otras características externas o imprevistas, y de tal modo no son patrón de medida para todas las obras; por ejemplo una base de datos realizada en Venezuela no es aplicable totalmente a una obra a realizar en Neiva Colombia, ya que las características que se presentan en este tipo de ciudades son muy diferentes tales como el clima, la presión, los trabajadores, etc.

3.5 PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LOS RENDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN.

En cada planeación de un proyecto que involucre mano de obra se debe tener en cuenta los rendimientos de esta, y toda la problemática asociada, es así como una de las mayores falencias en este campo de la ingeniería es que las obras realizadas no se tiene estudios de rendimientos y muy pocos constructores dedican tiempo e inversión a lo relacionado con la toma de datos para el cálculo de rendimientos; lo que genera que no se cree un ambiente de estudio y por lo tanto no se encuentre gran cantidad de documentación al respecto. Siendo este una parte del estudio de la ingeniería civil muy importante ya que en los rendimientos se encuentra el óptimo avance en la ejecución, presupuesto y programación de proyectos civiles.

En Colombia son muy pocas las bases de datos existentes que se utilizan para la planeación de proyectos, la industria de la construcción se ve afectada debido a que las empresas grandes como las urbanizadoras hacen sus propias bases de datos más utilizadas por los estudiantes de ingeniería civil, es construdata, aclarando que esta base de datos solo trabaja con rendimiento de obra de las ciudades más



industrializadas del país, como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, dejando por fuera de este grupo a pequeñas urbes como la ciudad de Neiva.

En los casos en que las empresas cuenten con base de datos de rendimientos en las obras que han ejecutado, estos deberían ser publicados para que estén al mejor servicio de otros que ejecuten proyectos de características similares con el ánimo de mejorar la exactitud en costos.

3.6 ASPECTOS QUE AFECTAN Y DETERMINAN LOS RENDIMIENTOS

- Las diferentes condiciones en las que se ve enfrentado la construcción de un proyecto, asocian una gran cantidad de factores que afecten el rendimiento de la mano de obra; los cuales se enumeran y se describen a continuación.
Polanco Sánchez, L. (2009). *Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción*. Estudio de caso Edificio JUPB. Tesis. Remolina: Universidad Pontificia Bolivariana. Pg.19. Párrafo2

1. **Economía General:** Este factor representa la actual situación económica del país, esta influye directamente en:

- El volumen de trabajo o construcción global en la región de influencia del proyecto.
- Las posibilidades de empleo
- Tendencia de los negocios en general



Cuando estos indicadores son buenos o excelentes, la productividad se afecta negativamente, ya que se hace más difícil la consecución de mano de obra de buena calidad; mientras que por el contrario, si la economía mantiene su tendencia normal, se encontrara mayor disponibilidad de mano de obra y de mejor calidad.

2. **Aspectos laborales:** las condiciones laborales en que se desarrolla la obra influyen en la eficiencia del trabajo, la disponibilidad de personal experto y capacitado; otras características a considerar son:
 - El tipo de contrato para el caso del contrato a destajo
 - La cantidad de obreros que estén sindicalizados.
 - Los incentivos que se entregan por labor cumplida
 - Salarios o pagos a destajo
 - Las buenas relaciones entre compañeros y superiores.
 - La tranquilidad que garantiza la seguridad social
 - La implementación de la seguridad industrial, hacen que se dé un mejor desempeño en la ejecución de las obras.
3. **Clima:** las condiciones climatológicas pueden afectar positivamente o negativamente la ejecución de los trabajos entre estas se cuentan:
 - El estado del tiempo ya que en época lluviosa tienden a disminuir los rendimientos de la mano de obra.
 - Temperatura, cuando estas son extremas se ve afectado negativamente el rendimiento del obrero
4. **Actividad:** este factor se refiere a la actividad desempeñada por cada trabajador específicamente, la relación entre esta y las demás actividades, el



plazo de ejecución, los medios para realizarla; también dentro de esta categoría se deben tener en cuenta algunos aspectos como:

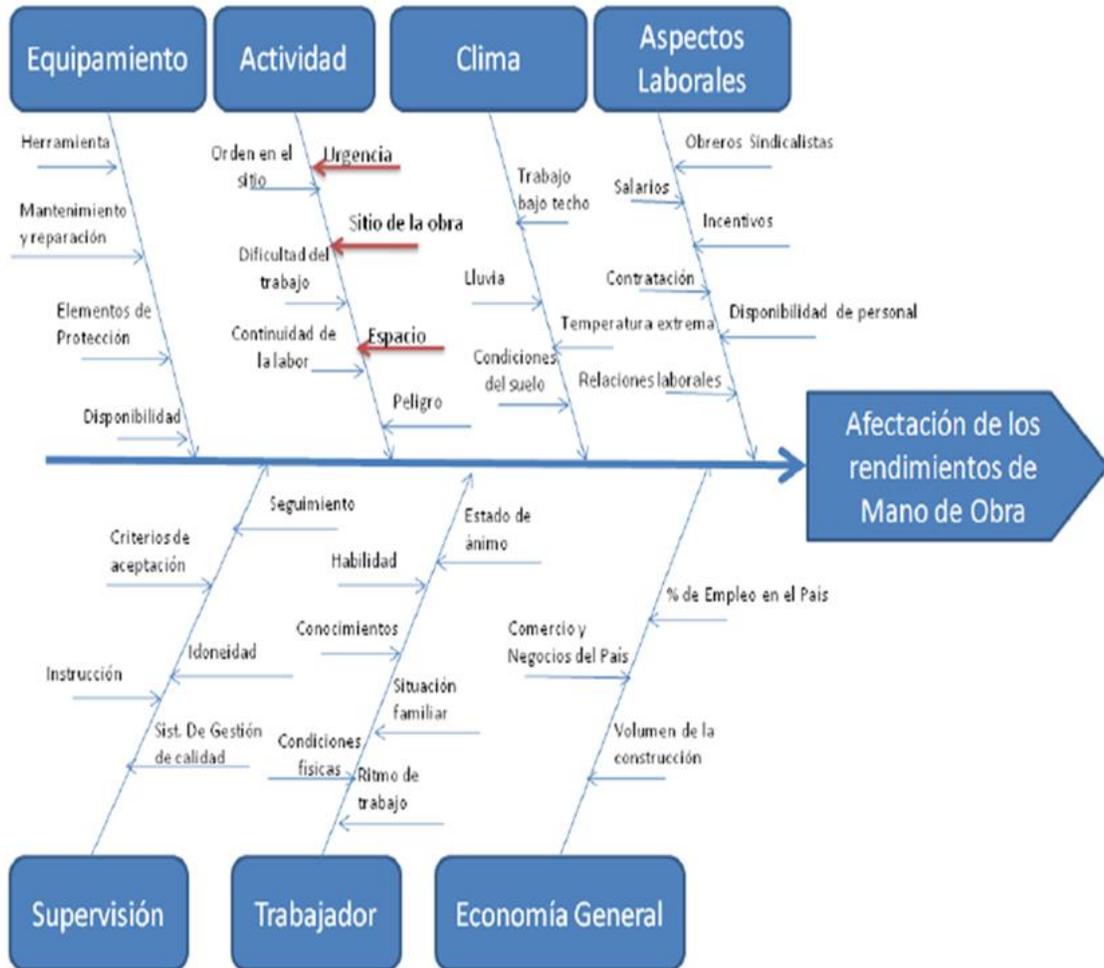
- El grado de dificultad.
 - El riesgo que se corre en la elaboración de la actividad.
 - La discontinuidad, las interrupciones en la realización de las actividades, disminuyen la productividad de la mano de obra.
5. **Equipamiento:** este factor hace referencia a la herramienta y equipo necesario, se ve afectado por:
- La disposición del equipo necesario.
 - Mantenimiento.
 - Herramienta.
 - Elementos de protección para la realización de actividades que lo necesiten hacen que se favorezcan los rendimientos de mano de obra.
6. **Supervisión:** el personal que desempeña este trabajo debe contar con experiencia y velar por la calidad de las actividades realizadas: en este factor influyen:
- Los criterios de aceptación del supervisor.
 - La buena instrucción.
 - El seguimiento constante a la ejecución de los trabajos.
 - La idoneidad del supervisor.
 - La gestión de calidad de la empresa y su aplicación; que hacen que los rendimientos se vean favorecidos
 -



7. **Trabajador:** Los aspectos personales del obrero son muy importantes para la ejecución de las actividades en estas influye:

- El estado de ánimo.
- Situación personal.
- Habilidades.
- Conocimiento.
- Condiciones físicas.
- Ritmo de trabajo.

A continuación se presenta en un formato de diagrama causas efecto el análisis de los estudios, para esto se utilizara la metodología propuesta Ishikawa o también llamado diagrama de espina de pescado, el cual consiste en una representación gráfica con forma de espina central horizontal y con sus causas a los lados como otras espinas.



Como análisis de valor agregado a la propuesta de Botero sobre los factores que determinan los rendimientos de las actividades de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Neiva, el autor propone tres causas adicionales, entre las cuales



- **Urgencia:** El conocimiento por parte del personal obrero de la urgente necesidad de tener cierta labor terminada mejora la disposición de este personal.
- **Sitio de Trabajo:** La calidad de la superficie sobre la cual se labora.
- **Espacio:** Tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacios disminuye la productividad.

3.7 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTOS

Teniendo en cuenta la particularidad de la industria de la construcción, así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad en sus actividades típicas como son factores sociales, climáticos y aspectos laborales, no es recomendable determinar los rendimientos de obra usando metodologías de procesos industrializados (Consuegra, 2006).

Los rendimientos de mano de obra del presente estudio se calcularán con la metodología de análisis de promedio de resultados, la cual hace referencia directamente a la cantidad de mano de obra expresada en horas hombre. Se basa principalmente en la recolección diaria de información con la cuadrilla de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Neiva, en diferentes circunstancias que luego se tabula en un formato para obtener promedios representativos.

La toma de datos se tendrá en cuenta el número de personas que desarrollaron la labor y su correspondiente cargo (oficial, ayudante), el porcentaje de obra ejecutado al momento de registrar la información, el tiempo que demore el personal en realizar



dicha actividad y los tiempos de inactividad o descuentos por diferentes razones. El análisis de todas estas variables permite calcular para cada actividad el promedio rendimiento.

3.8 ESTUDIO DE RENDIMIENTO MENSUAL MANO DE OBRA EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA

La prestación del servicio de acueducto y alcantarillado de forma continua y con calidad es uno de los elementos más importantes para el desarrollo sostenible de la ciudad de Neiva, teniendo en cuenta que es un recurso vital del cual se benefician 350.000 habitantes según (PUEAA 2014-2019) para lo cual es importante evaluar la efectividad en la reparación de los daños que se presentan en la red de distribución.

En la elaboración de los procesos de desarrollo de Empresas Públicas de Neiva, concernientes en las actividades de reparación en redes acueducto y alcantarillado, donde juega un papel importante la elaboración del presupuesto y la programación de obra, nace la necesidad de analizar los rendimientos de mano de obra teniendo en cuenta los factores propios de la zona como son climáticos, económicos y sociales del municipio de Neiva.

4. TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Con la información existente sobre las actividades estudiadas, relacionada durante la tabulación y caracterización con cada uno de los requisitos para encontrar los rendimientos, se procedió a formular los cálculos utilizando la metodología de



promedio de resultado. Seguidamente se realizó un mecanismo que permitiera por criterios prácticos y analíticos el cálculo de los rendimientos, para esto se diseñó una tabla matriz donde se procesa toda la información y esta arroja como resultado final los rendimientos de mano de obra para cada una de las actividades.

Empresas Publicas de Neiva es una entidad que a diario recibe distintas solicitudes para reparación y restitución de redes de acueducto y alcantarillado, emitidos por las diferentes comunas del municipio de Neiva, la labor en esta pasantía, es realizar las visitas técnicas con las cuadrillas y tomar en tiempo real los rendimientos de mano de obra que tarde el personal en desarrollar las reparaciones o restituciones de las redes.

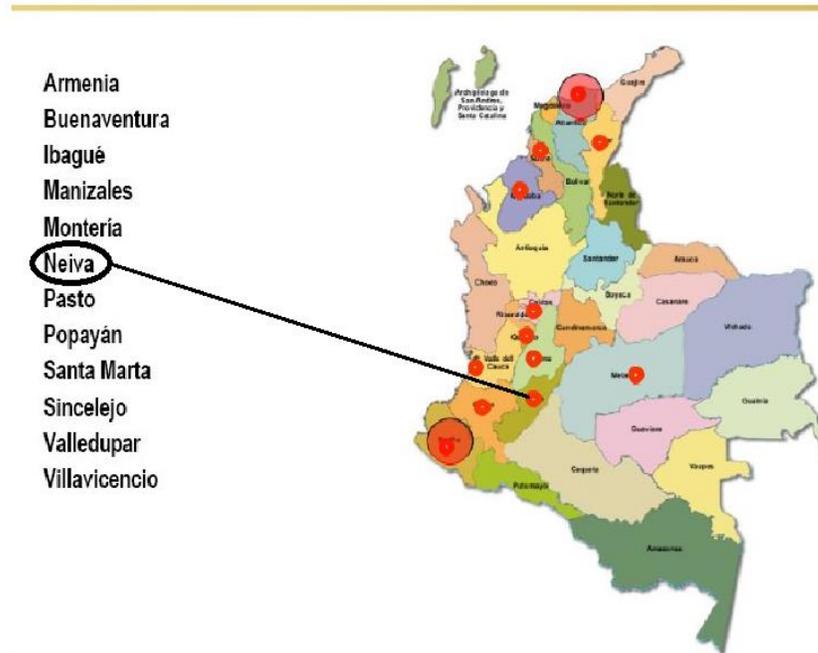


Imagen No 1: Localización geográfica de la zona de estudio

4.1 Procedimientos Reparaciones de Acueducto.

Los daños en la red de acueducto se encuentran acompañados de afloramientos de agua y previo a la iniciación de las demoliciones de la carpeta asfáltica o suelo por parte de la cuadrilla y bajo las directrices del inspector de acueducto de Empresas Públicas de Neiva, se deben realizar los apiques exploratorios que sean necesarios y suficientes para confirmar la ubicación exacta del daño, en caso que no exista afloramiento de agua se utiliza el respectivo procedimiento con geófono.



Imagen No 2: Afloramiento de la fuga

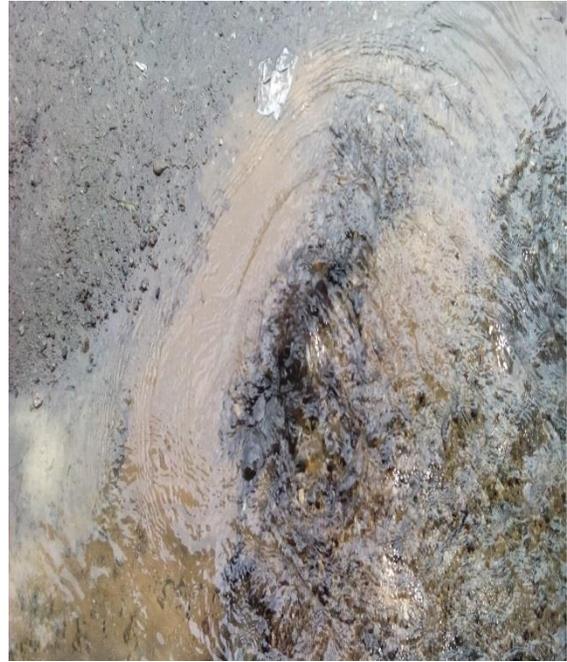


Imagen No 3: Apiques exploratorios

Una vez localizado el daño de la tubería a reparar es indispensable verificar su diámetro, tipo de material en que están construidas y contar con los accesorios requeridos para su empalme con la red, donde es indispensable utilizar limpiador y lubricantes recomendados por el fabricante de la tubería para la limpieza de la campana y espigo de cada tubo, donde se finaliza con el respectivo relleno con limos o arcillas para su posterior compactación.



Imagen No 4: Excavación

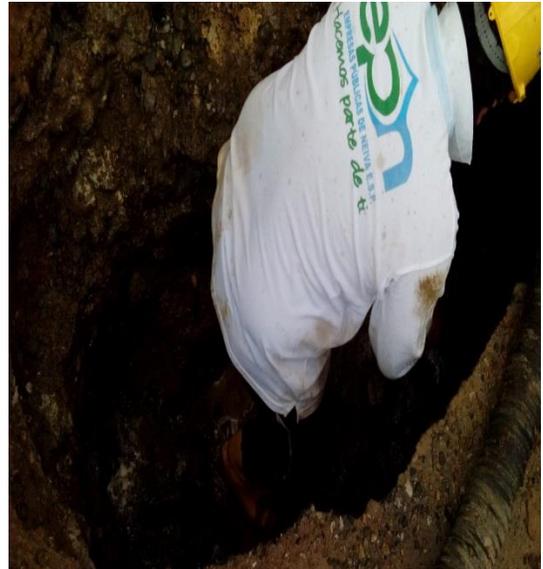


Imagen No 5: Ubicación de la fuga



Imagen No 6: Corte de nueva tubería



Imagen No 7: Reparación del daño



4.2 Restitución red de alcantarillado

Las excavaciones podrán ejecutarse por métodos manuales o mecánicos de acuerdo con las normas establecidas, para este caso solamente se desarrolló excavación manual, estas se llevaran a cabo una vez se tenga claridad por donde se cruzan las redes existentes de servicios públicos y si llegado el caso fuese necesario remover alguna red se deben solicitar a la dependencia correspondiente.



Imagen No 8: Excavación

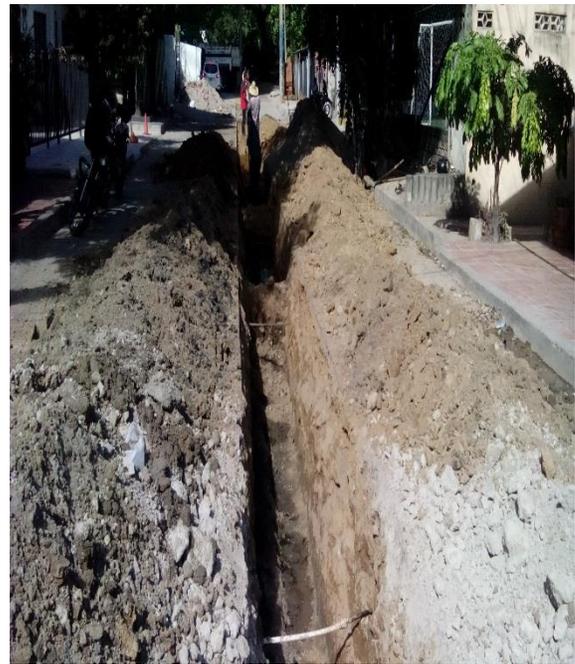


Imagen No 9: Excavación



Imagen No 10: Restitución tubería



Imagen No 11: Compactación

Se deberá suministrar, transportar, almacenar, manejar y colocar la tubería para la red de alcantarillado, con los diámetros, alineamiento, cotas y pendientes establecidas en los planos del proyecto. Debido a que la red es construida por recursos propios de administración.

La instalación de la tubería debe realizarse de acuerdo con los planos de diseño y las normas de instalación correspondiente. La instalación de tubería PVC deberá realizarse cumpliendo la norma NTC 2795 y la instalación de tubería de fibra de vidrio se realiza según la norma NTC 3878.



Teniendo en cuenta los procedimientos y experiencia en campo de los trabajos a realizar, es indispensable definir las distintas actividades de las cuales se desprende una serie de variables que afectan el rendimiento para cada labor ejecutada.

4.3 Actividades objeto del presente estudio

1. Excavación manual red de acueducto
2. Reparación tubería acueducto
3. Relleno de material compactado
4. Excavación manual red alcantarillado
5. Restitución red de alcantarillado
6. Relleno material compactado

5. DISEÑO DE LA TABLA MATRIZ DE ELEMENTOS.

Para objeto del presente estudio se diseñaran y utilizaran dos tablas matrices que incluya la mayor cantidad de información posible para cada actividad, dependiendo de la complejidad de la actividad desarrollada para la toma de datos y la obtención del rendimientos de mano de obra. Los rendimientos calculados en la matriz de elementos se encuentran explicados a continuación.

5.1 Diseño de la tabla Matriz No 1 (Excavación y Relleno)



DATOS EXCAVACION			
DIMENSIONES			VOL. M3
b	H	L	

DIMENSIONES

- B: ancho que presenta la sección de excavación, la unidad de medida está dada en metros.
- H: altura que presenta la excavación, la unidad de medida está dada en metros.
- L: longitud que presenta la excavación expresada en m.
- VOL. M3: Volumen total que presenta el elemento. Es el producto de las dimensiones y su unidad de medida es m³

MEDICIONES												
TAREA	FECHA	PERSONAL		HORA		DURACIÓN (MIN)			AVANCE %	DURACIÓN PROY.		REND. M3/HR
		OFICI.	AYUDA	INICIO	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	

- Tarea: se especifica qué tipo de actividad se realizó.
- Fecha: se nota el día en que se realiza la toma de la observación para tener una idea general de los datos

PERSONAL



- Ofic: oficial, en esta casilla se indica el número de oficiales que elaboraron en la actividad.
- Ayud: ayudantes, en esta casilla se indica el número de ayudantes que elaboran en la actividad.

HORA

- inicio: este parámetro hace referencia al momento en el cual se inicia con la toma de datos y su unidad de medida en tiempo es la hora.
- Final: este parámetro hace referencia al momento en el cual el personal deja de realizar la actividad. La unidad de medida está dada en horas.

DURACIÓN

- Bruta: es el tiempo total en el que se hace la toma de datos. La unidad de medida está dada en minutos
- Dcto: descuentos, es el tiempo en que la cuadrilla hace una pausa, y deja de realizar la actividad. Dado en minutos.
- Neta: es la duración sin descuentos, es la resta de la duración bruta menos los descuentos. La unidad de medida son los minutos.
- Avance %: es el porcentaje de ejecución de la actividad durante el tiempo de la toma de datos

DURACION PROYECTADA



- Min: es la proyección de la duración neta al 100%. Su unidad de medida está dada en minutos.
- Hora: es la duración proyectada en horas.

RENDIMIENTO

- M³/HR: es el resultado obtenido de la relación entre la duración proyectada (horas) y de cantidad de obra ejecutada.

A continuación se presenta la tabla matriz No1 para la toma y procesamiento de los datos de excavación y relleno obtenidos en campo.

Tabla Matriz No 1 (Tabla rendimientos de excavacion manual y relleno de material compactado)



5.2 Diseño de tabla Matriz No 2 (Reparacion y restitucion tuberia acuedcto y alcantarillado)

LONGITUD DE TUBERIA INSTALADA
L

L: longitud que presenta la tuberia reparada o restituida cuya unidad es metro lineal

MEDICIONES												
TAREA	FECHA	PERSONAL		HORA		DURACIÓN (MIN)			AVANCE %	DURACIÓN PROY.		REND. L/HR
		OFICI.	AYUDA	INICIO	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	

- Tarea: se especifica qué tipo de actividad se realizó.
- Fecha: se nota el día en que se realiza la toma de la observación para tener una idea general de los datos

PERSONAL

- Ofic: oficial, en esta casilla se indica el nuero de oficiales que elaboraron en la actividad.
- Ayud: ayudantes, en esta casilla se indica el número de ayudantes que elaboran en la actividad.



HORA

- inicio: este parámetro hace referencia al momento en el cual se inicia con la toma de datos y su unidad de medida en tiempo es la hora.
- Final: este parámetro hace referencia al momento en el cual el personal deja de realizar la actividad. La unidad de medida está dada en horas.

DURACIÓN

- Bruta: es el tiempo total en el que se hace la toma de datos. La unidad de medida está dada en minutos
- Dcto: descuentos, es el tiempo en que la cuadrilla hace una pausa, y deja de realizar la actividad. Dado en minutos.
- Neta: es la duración sin descuentos, es la resta de la duración bruta menos los descuentos. La unidad de medida son los minutos.
- Avance %: es el porcentaje de ejecución de la actividad durante el tiempo de la toma de datos.



DURACION PROYECTADA

- Min: es la proyección de la duración neta al 100%. Su unidad de medida está dada en minutos.
- Hora: es la duración proyectada en horas.

RENDIMIENTO

- ML/HR es el resultado obtenido de la relación entre la duración proyectada (horas) y de cantidad de obra ejecutada.

Diseño tabla No 2 (tabla rendimiento de reparación y restitución en tubería de acueducto y alcantarillado)

Tabla Matriz No 2 (Reparacion y restitucion tuberia acueudcto y alcantarillado)



6. RESULTADOS

TABLA DE RENDIMIENTOS EXCAVACION PERSONAL DE PLANTA EMPRESAS PUBLICAS DE NEIVA																			
MEDICIONES EN REPARACIONES DE REDES DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE NEIVA																			
DATOS DE ACTIVIDAD					MEDICIONES														
TC	TS	DIMENSIONES			VOL. M3	TAREA	FECHA	PERSONAL			HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. M3/HR
		B	h	L				OFICIAL	AYUDA	MIN	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		1.7	1.96	1.20	3.99	Excavación	23/02/2015	1	3		13:10	17:30	260	73	187	100	260	4.33	0.92
		0.70	0.90	1.6	1.01	Excavación	24/02/2015	1	3		13:34	14:45	71	10	61	100	71	1.18	0.85
		1.20	0.8	1	0.96	Excavación	25/02/2015	1	3		13:30	14:30	60	3	57	100	60	1.00	0.96
		1	0.8	1.2	0.96	Excavación	26/02/2015	1	3		14:18	15:10	52	10	42	100	52	0.87	1.10
		1.4	0.9	0.8	1	Excavación	27/02/2015	1	3		12:50	13:48	58	2	56	100	58	0.97	1.03
		0.9	0.9	0.70	0.57	Excavación	2/03/2015	1	3		7:50	8:15	25	2	23	100	25	0.42	1.35
		1.30	1	0.65	0.85	Excavación	3/03/2105	1	3		7:00	8:00	60	0	60	100	60	1.00	0.85
		0.85	1.2	0.70	0.71	Excavación	4/03/2015	1	3		7:30	7:51	21	0	21	100	21	0.35	2.03
		1.1	0.75	0.9	0.74	Excavación	5/03/2015	1	3		8:10	8:57	47	3	44	100	47	0.78	0.95
		1.3	0.9	1.1	1.28	Excavación	6/03/2015	1	3		7:00	8:07	67	6	62	100	67	1.12	1.14
		1.8	1.5	1.3	3.51	Excavación	9/03/2015	1	3		13:00	16:50	230	60	170	100	230	3.83	0.92
		1.2	0.9	0.8	0.86	Excavación	10/03/2015	1	3		13:24	14:55	91	15	76	100	91	1.52	0.56
		0.65	0.8	1	0.52	Excavación	11/03/2015	1	3		13:15	13:57	42	5	37	100	42	0.70	0.74
		1.3	1	1.2	1.56	Excavación	12/03/2015	1	3		13:05	14:49	104	11	93	100	104	1.73	0.90
		1.5	1.3	1.8	3.51	Excavación	13/03/2015	1	3		13:01	18:05	244	90	154	100	244	4.07	0.86
		1.3	1	1.2	1.56	Excavación	16/03/2015	1	3		7:10	8:20	70	2	68	100	70	1.17	1.33
		1.9	1.3	1	2.47	Excavación	17/03/2015	1	3		7:30	9:03	93	5	88	100	93	1.55	1.59
		1.3	0.95	0.78	0.96	Excavación	18/03/2015	1	3		7:02	7:58	56	0	56	100	56	0.93	1.03
		1.5	1	0.65	0.97	Excavación	19/03/2015	1	3		7:07	7:48	41	0	41	100	41	0.68	1.43
		1.9	1.5	1.5	4.27	Excavación	20/03/2015	1	3		7:00	10:28	208	25	183	100	208	3.47	1.23

Tabla No 3: Excavación acueducto



TABLA DE RENDIMIENTOS DE REPARACION DE TUBERIA DE ACUEDUCTO PERSONAL DE PLANTA EMPRESAS PUBLICAS DE NEIVA																
MEDICIONES DE REPARACION DE TUBERIA DE ACUEDUCTO EN LA CIUDAD DE NEIVA																
DATOS DE ACTIVIDAD				MEDICIONES												
		DIMENSIONES		TAREA	FECHA	PERSONAL		HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. ML/HR
			L			OFICIAL	AYUDA	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		0,80		Reparación	23/02/2015	1	3	17:32	17:55	23	0	23		23	0.38	2.10
		1,00		Reparación	24/02/2015	1	3	14:47	15:06	19	0	19		19	0.32	3.12
		0,60		Reparación	25/02/2015	1	3	14:34	14:53	19	0	19		19	0.32	1.87
		0,80		Reparación	26/02/2015	1	3	15:13	15:35	21	4	17		21	0.35	2.28
		0,45		Reparación	27/02/2015	1	3	13:50	14:15	25	0	25		25	0.42	1.07
		0,50		Reparación	2/03/2015	1	3	8:15	8:35	20	0	20		20	0.33	1.51
		0,35		Reparación	3/03/2015	1	3	8:00	8:22	22	0	22		22	0.37	0.94
		0,40		Reparación	4/03/2015	1	3	7:51	8:11	20	6	20		20	0.33	1.21
		0,55		Reparación	5/03/2015	1	3	8:57	9:29	32	0	32		32	0.53	1.04
		0,80		Reparación	6/03/2015	1	3	8:07	8:37	30	0	20		30	0.50	1.60
		0,95		Reparación	9/03/2015	1	3	16:50	17:32	42	0	42		42	0.70	1.36
		0,6		Reparación	10/03/2015	1	3	14:55	15:26	31	3	31		31	0.52	1.15
		0,65		Reparación	11/03/2015	1	3	13:57	14:33	36	0	36		36	0.60	1.08
		0,95		Reparación	12/03/2015	1	3	14:49	15:36	47	0	47		47	0.78	1.22
		1,05		Reparación	13/03/2015	1	3	18:05	18:40	35	0	35		35	0.58	1.81
		0,70		Reparación	16/03/2015	1	3	8:20	8:46	26	2	26		26	0.43	1.63
		0,65		Reparación	17/03/2015	1	3	9:07	9:39	32	0	32		32	0.53	1.23
		0,50		Reparación	18/03/2015	1	3	7:58	8:37	39	0	39		39	0.65	0.77
		0,40		Reparación	19/03/2015	1	3	7:48	8:15	27	9	27		27	0.45	0.89
		1,00		Reparación	20/03/2015	1	3	10:30	11:00	30	0	30		30	0.50	2.00

Tabla No 4: Reparación tubería acueducto



TABLA DE RENDIMIENTOS MATERIAL COMPACTADO PERSONAL DE PLANTA EMPRESAS PUBLICAS DE NEIVA																			
MEDICIONES EN REPARACIONES DE REDES DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE NEIVA																			
DATOS DE ACTIVIDAD					MEDICIONES														
TC	TS	DIMENSIONES			VOL. M3	TAREA	FECHA	PERSONAL			HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. M3/HR
		B	h	L				OFICIAL	AYUDA	MIN	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		1.7	1.96	1.20	3.99	Relleno	23/02/2015	1	2		17:55	18:58	63	0	63	100	63	1.05	3.80
		0.70	0.90	1.6	1.01	Relleno	24/02/2015	1	2		15:06	15:40	34	0	34	100	34	0.57	1.77
		1.20	0.8	1	0.96	Relleno	25/02/2015	1	2		14:53	15:19	26	0	26	100	26	0.43	2.23
		1	0.8	1.2	0.96	Relleno	26/02/2015	1	2		15:35	15:57	22	0	22	100	22	0.37	2.59
		1.4	0.9	0.8	1	Relleno	27/02/2015	1	2		14:15	14:51	36	0	36	100	36	0.60	1.67
		0.9	0.9	0.70	0.57	Relleno	2/03/2015	1	2		8:35	8:50	15	0	15	100	15	0.25	2.28
		1.30	1	0.65	0.85	Relleno	3/03/2015	1	2		8:22	8:40	18	0	18	100	18	0.30	2.83
		0.85	1.2	0.70	0.71	Relleno	4/03/2015	1	2		8:11	8:26	15	0	15	100	15	0.25	2.84
		1.1	0.75	0.9	0.74	Relleno	5/03/2015	1	2		9:29	9:47	18	0	18	100	18	0.30	2.47
		1.3	0.9	1.1	1.28	Relleno	6/03/2015	1	2		8:37	9:17	40	0	40	100	40	0.67	1.91
		1.8	1.5	1.3	3.51	Relleno	9/03/2015	1	2		17:32	18:49	77	0	77	100	77	1.28	2.74
		1.2	0.9	0.8	0.86	Relleno	10/03/2015	1	2		15:26	15:51	25	0	25	100	25	0.47	1.83
		0.65	0.8	1	0.52	Relleno	11/03/2015	1	2		14:33	14:49	16	0	16	100	16	0.27	1.93
		1.3	1	1.2	1.56	Relleno	12/03/2015	1	2		15:36	16:18	42	0	42	100	42	0.70	2.23
		1.5	1.3	1.8	3.51	Relleno	13/03/2015	1	2		18:40	19:30	50	0	50	100	50	0.83	4.23
		1.3	1	1.2	1.56	Relleno	16/03/2015	1	2		8:46	9:27	41	0	41	100	41	0.68	2.29
		1.9	1.3	1	2.47	Relleno	17/03/2015	1	2		9:39	10:38	59	0	59	100	59	0.98	2.52
		1.3	0.95	0.78	0.96	Relleno	18/03/2015	1	2		8:37	8:55	18	0	18	100	18	0.30	3.2
		1.5	1	0.65	0.97	Relleno	19/03/2015	1	2		8:15	8:35	20	0	20	100	20	0.33	2.94
		1.9	1.5	1.5	4.27	Relleno	20/03/2015	1	2		11:00	12:27	87	0	87	100	87	1.45	2.94

Tabla No 5: Compactación Relleno



TABLA DE RENDIMIENTOS EXCAVACION ALCANTARILLADO																			
MEDICIONES EN REPARACIONES DE REDES DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE NEIVA																			
DATOS DE ACTIVIDAD					MEDICIONES														
TC	TS	DIMENSIONES			VOL. M3	TAREA	FECHA	PERSONAL			HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. M3/HR
		b	h	L				OFICIAL	AYUDA	MIN	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		1.17	0.70	9.0	7.37	Excauación	1/04/2015		2		8:00	14:00	360	11	349	100	360	6.00	1.23
		1.17	0.60	5.7	4.00	Excauación	1/04/2015		1		8:00	14:10	370	15	355	100	370	6.17	0.65
		1.17	0.80	3.7	3.46	Excauación	1/04/2015		1		8:00	14:05	365	20	345	100	365	6.08	0.57
		1.17	0.52	8.8	5.35	Excauación	1/04/2015		2		8:00	14:02	362	10	352	100	362	6.03	0.89
		1.17	0.65	3.3	2.51	Excauación	1/04/2015		1		8:00	14:05	365	17	348	100	365	6.08	0.41
		1.17	0.75	9.65	8.47	Excauación	1/04/2015		2		8:00	14:00	360	5	355	100	360	6.00	1.41
		1.17	0.65	9	6.84	Excauación	2/04/2015		2		8:00	14:57	417	20	397	100	417	6.95	0.98
		1.17	0.75	5.7	5.00	Excauación	2/04/2015		1		8:00	14:07	367	7	360	100	367	6.12	0.82
		1.17	0.60	3.7	2.60	Excauación	2/04/2015		1		8:02	14:01	359	18	341	100	359	5.98	0.43
		1.17	0.55	8.8	5.66	Excauación	2/04/2015		2		8:05	14:09	364	13	351	100	364	6.07	0.93
		1.17	0.3	3.3	1.16	Excauación	2/04/2015		1		8:03	13:35	332	6	326	100	332	5.53	0.21
		1.17	0.55	9.65	6.21	Excauación	2/04/2015		2		8:09	13:40	331	10	321	100	331	5.52	1.12
		1.17	0.40	11	5.15	Excauación	3/04/2015		2		8:00	13:55	355	14	341	100	355	5.92	0.87
		1.17	1.10	21	27.07	Excauación	4/04/2015		7		13:30	17:00	210	3	207	100	210	3.50	7.73
		1.17	0.50	17	9.95	Excauación	6/04/2015		3		13:30	17:00	210	5	205	100	210	3.50	2.84
		1.17	0.75	8.5	7.46	Excauación	6/04/2015		2		8:07	13:58	355	12	343	100	355	5.92	1.26
		1.17	0.65	6	4.56	Excauación	6/04/2015		1		8:10	14:08	358	20	338	100	358	5.97	0.76
		1.17	0.4	3.5	1.64	Excauación	7/04/2015		1		8:00	13:30	330	13	317	100	330	5.50	0.30
		1.17	0.70	8.70	7.15	Excauación	7/04/2015		2		8:05	14:04	359	18	341	100	359	5.98	1.19
		1.17	0.77	10	9	Excauación	7/04/2015		2		8:00	14:00	360	21	339	100	360	6.00	1.5
		1.17	0.45	4	2.11	Excauación	7/04/2015		1		8:07	14:06	359	12	347	100	359	5.98	0.35

Tabla No 5: Excavación alcantarillado



TABLA DE RENDIMIENTOS DE RESTITUCION DE TUBERIA ALCANTARILLADO																	
MEDICIONES EN RESTITUCION DE TUBERIA DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE NEIVA																	
DATOS DE ACTIVIDAD				MEDICIONES													
		DIMENSIONES		TAREA	FECHA	PERSONAL			HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. ML/HR
		L				OFICIAL	AYUDA	MIN	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		7:00	7:35	35	0	35	100	35	0.58	20.69
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		7:36	8:10	34	0	34	100	34	0.57	21.05
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		8:11	8:48	37	0	37	100	37	0.62	19.35
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		8:50	9:23	33	0	33	100	33	0.55	21.82
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		9:23	9:58	35	4	31	100	35	0.58	20.69
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		10:00	10:45	45	3	42	100	45	0.75	16
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		10:50	11:39	49	0	49	100	49	0.82	14.63
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		2:00	2:31	31	0	31	100	31	0.52	23.07
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		2:32	3:10	38	0	38	100	38	0.63	19.04
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		3:12	3:50	38	0	38	100	38	0.63	19.04
		12		Instalación	8/04/2015	1	2		4:00	4:52	52	4	48	100	52	0.87	13.79
		12		Instalación	9/04/2015	1	2		7:00	7:33	33	0	33	100	33	0.55	21.82
		12		Instalación	9/04/2015	1	2		7:33	8:03	30	0	30	100	30	0.50	24
		12		Instalación	9/04/2015	1	2		8:05	8:40	35	0	35	100	35	0.58	20.69
		12		Instalación	9/04/2015	1	2		8:44	9:23	39	2	37	100	39	0.65	18.46

Tabla No 6: Restitución tubería alcantarillado



TABLA DE RENDIMIENTOS DE MATERIAL DE RELLENO COMPACTADO ALCANTARILLADO																			
MEDICIONES EN REPARACIONES DE MATERIAL COMPACTADO EN LA CIUDAD DE NEIVA																			
DATOS DE ACTIVIDAD					MEDICIONES														
TC	TS	DIMENSIONES			VOL. M3	TAREA	FECHA	PERSONAL			HORA		DURACION (MIN)			AVANCE %	DURACION PROY.		REND. M3/HR
		b	h	L				OFICIAL	AYUDA	MIN	HORA	FIN	BRUTA	DCUT.	NETA		MIN	HORA	
		1.17	0.40	11	5.15	Relleno	10/04/2015	1	4		7:00	7:26	26	0	26	100	26	0.43	11.98
		1.17	0.40	3.5	1.64	Relleno	10/04/2015	1	4		7:26	7:36	10	0	10	100	10	0.17	9.65
		1.17	0.45	4	2.11	Relleno	10/04/2015	1	4		7:36	7:49	13	0	13	100	13	0.22	9.59
		1.17	0.50	17	9.94	Relleno	10/04/2015	1	4		7:49	9:14	85	0	85	100	85	1.42	7.00
		1.17	0.65	6	4.56	Relleno	10/04/2015	1	4		9:14	9:52	38	0	38	100	38	0.63	7.23
		1.17	0.70	8.70	7.12	Relleno	10/04/2015	1	4		9:52	10:49	57	0	57	100	57	0.95	7.49
		1.17	0.75	8.5	7.46	Relleno	10/04/2015	1	4		11:00	12:02	62	11	51	100	62	1.03	7.24
		1.17	0.77	10	9.01	Relleno	10/04/2015	1	4		2:10	3:25	75	0	75	100	75	1.25	7.21
		1.17	0.95	3.3	3.67	Relleno	10/04/2015	1	4		3:25	3:55	30	0	30	100	30	0.50	7.34
		1.17	1.07	8.8	11.02	Relleno	10/04/2015	1	4		4:00	5:40	100	10	100	100	100	1.67	6.59
		1.17	1.10	21	27.03	Relleno	13/04/2015	1	4		7:20	11:00	220	15	205	100	220	3.67	7.37
		1.17	1.3	9.65	14.68	Relleno	13/04/2015	1	4		2:15	4:15	120	6	114	100	120	2.00	7.34
		1.17	1.35	5.7	9.00	Relleno	13/04/2015	1	4		4:15	5:25	70	0	70	100	70	1.17	7.69
		1.17	1.35	9	14.21	Relleno	14/04/015	1	4		7:00	8:58	118	11	107	100	118	1.97	7.21
		1.17	1.4	3.7	6.06	Relleno	14/04/015	1	4		9:05	9:58	53	0	53	100	53	0.88	6.89

Tabla No 7: Material relleno alcantarillado

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS – ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD



Los rendimiento de mano de obra para actividades en reparación y restitución en redes de acueducto y alcantarillado, se determinaron por medio de las tablas dinámicas generadas en Excel, es decir, con la tabla matriz terminada, para llevar a cabo se seleccionó el rango de datos que se necesitó para el procesamiento de la información, después se seleccionaron los parámetros relevantes de la realización para lograr una mejor claridad en los análisis.

	RENDIMIENTO PROMEDIO ACUEDUCTO PERSONAL PLANTA	RENDIMIENTO PROMEDIO ALCANTARILLADO PERSONAL CONTRATISTA	PORCENTAJE DE DIFERENCIA RENDIMIENTO	CANTIDAD DE PERSONAL DE PLANTA DE ACUEDUCTO QUE DESARROLLA LA ACTIVIDAD	CANTIDAD DE PERSONAL CONTRATISTA DE ALCANTARILLADO QUE DESARROLLA LA ACTIVIDAD	PORCENTAJE DE DIFERENCIA PERSONAL
Excavacion	1,09 M3/HR	1,26 M3/HR	13%	4	2	50%
Reparacion o restitucion	1,49 M3/HR	19,61 M3/HR	92%	4	3	25%
Relleno	2,56 M3/HR	7,85 M3/HR	67%	3	5	40%

Tabla No 3: Porcentajes de diferencia de rendimientos y personal

De acuerdo con los datos de rendimiento de mano de obra promedio obtenidos en campo, se hace un análisis comparativo entre el personal de planta y contratista de



Empresas Publicas de Neiva, para cada una de las actividades similares realizadas, determinando que en todas las actividades estudiadas, el personal vinculado como contratista a empresa Publicas de Neiva presenta mayores rendimientos de mano de obra (índice de productividad) que el personal vinculado de planta a la empresa.

(Ver Tabla No 3)

Se determina que porcentualmente hay diferencias representativas en la cantidad de personal que desarrolla la misma actividad, dependiendo del tipo de vínculo laboral, esto teniendo en cuenta que en los trabajos donde la cuadrilla está vinculada laboralmente mediante contrato, presenta mayores índices de productividad con menor número de obreros, que las cuadrillas vinculadas laboralmente de planta (**Ver tabla No 3**) lo anterior se sustenta en que la modalidad contrato, la remuneración depende de la cantidad de obra ejecutada, expresada en (M3 y ML) dependiente de la actividad que se realiza, mientras que los obreros de planta tienen un sueldo básico sin importar la cantidad de obra ejecutada.

En el desarrollo del estudio se observa que en las cuadrillas de acueducto existe una pérdida de tiempo, que tiene como principal causa el diseño de cuadrillas sobredimensionadas, evidenciando que hay trabajadores que sobran, en este caso, deben detenerse a esperar que sus compañeros terminen sus trabajos para poder ejecutar las labores pendientes, también por que el abastecimiento de materiales o herramientas es demorado y deficiente, dada la numerosa cantidad de personas que conforman la cuadrilla. Además, este problema también se refiere a la mala distribución interna de la cuadrilla, realizándose las labores en forma



desbalanceada, existiendo personas que realizan mayor esfuerzo que otras para realizar las tareas asignadas.

Una vez obtenido los resultados de las tabulaciones en los rendimientos de mano de obra para las actividades evaluadas, se determina que una de las fallas más evidentes dentro de la ejecución de los trabajos realizados tanto por el personal de planta como contratista, es la falta de planeación, por tal motivo es indispensable la implementación de un cronograma de actividades para así evitar la improvisación dentro de la ejecución de los trabajos.

CONCLUSIONES



Se determinó el rendimiento mensual de mano de obra para cada una de las actividades estudiadas, obteniendo una base de datos confiable en la reparación de redes de acueducto y alcantarillado del municipio de Neiva, realizadas por el personal de planta y contratista.

Se definieron las actividades de mano de obra realizadas en el presente estudio arrojaron como resultado los siguientes rendimientos:

- Excavación acueducto: Para la excavación de la brecha, realizada por el personal de planta de Empresas Publicas de Neiva se obtuvo un rendimiento promedio de 1.09 M3/HR cuadrilla: 1 oficial, 3 ayudantes.
- Reparación tubería Acueducto: Para la reparación de la tubería, realizada por el personal de planta de Empresas Publicas de Neiva se obtuvo un rendimiento promedio de 1.49 ML/HR cuadrilla 1 Oficial, 3 ayudantes.
- Relleno material compactado Acueducto: Para la compactación de material base sobre la brecha, realizadas por el personal de planta de Empresas Publicas de Neiva se obtuvo un rendimiento promedio de: 2.56 M3/HR cuadrilla 1 oficial, 2 ayudantes.
- Excavación alcantarillado: Para la excavación de la brecha, realizada por el personal contratista de Empresa Publicas de Neiva , se obtuvo un rendimiento promedio de :1.26 M3/HR cuadrilla promedio: 2 ayudantes



- Restitución Tubería alcantarillado: Para la restitución de la tubería de alcantarillado, realizada por el personal contratista de Empresas Publicas de Neiva, se obtuvo un rendimiento promedio de: 19.61 ML/HR cuadrilla 1 oficial, 2 ayudantes.
- Relleno material compactado alcantarillado: Para la compactación del material de base sobre la brecha de alcantarillado, realizada por el personal contratista de Empresas Publicas de Neiva, se obtuvo un rendimiento promedio de 7.85 M3/HR cuadrilla 1 oficial, 4 ayudantes.

Mediante el seguimiento diario a las diferentes cuadrillas objeto del presente estudio, se identifica una serie de factores que influyen de manera directa en la eficiencia de las labores desarrolladas como son: Experiencia, edad productiva y utilizar equipamiento idóneo.

Se diseñó una tabla matriz que permitiera por criterios prácticos y analíticos el cálculo de rendimientos, esta se basa principalmente en la recolección diaria de información con la cuadrilla de acueducto y alcantarillado en diferentes circunstancias que se tabulan para obtener promedio representativos cuyo resultado final son los rendimientos de mano de obra para cada una de las actividades evaluadas.

RECOMENDACIONES

56



Para generar mayor rendimiento en el desarrollo armónico de los trabajos realizados por el personal vinculado a Empresas Públicas de Neiva, pues en general en la aplicación se presentaron variables de diferentes tipos.

Una de las fallas más evidentes dentro de la ejecución de los trabajos realizados tanto por el personal de planta como contratista es la falta de planeación, por tal motivo es indispensable la implementación de un cronograma de actividades para así evitar la improvisación dentro de la ejecución de los trabajos.

Teniendo en cuenta la baja productividad del personal de planta de Empresas Públicas de Neiva, es indispensable mejorar la calidad de personal teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Personal con experiencia: se debe contratar personal con experiencia puesto que así podremos brindar mejor calidad en los trabajos.
- Personal en edad productiva: se debe tener en cuenta la edad de los obreros ya que tienen un mayor rendimiento en las actividades o tareas.
- Utilizar equipamiento idóneo: se debe utilizar equipamiento adecuado y de última tecnología para así estar a la par con el progreso.



- a. Implementar y desarrollar sistemas de planificación a corto plazo, destinados a establecer la asignación de los recursos estrictamente necesarios para llevar a cabo los trabajos y para mejorar el control de ellos.

- b. Orientar el control del sistema productivo al flujo de procesos completo, para así aumentar y mejorar la inspección. Esto se traduce en una mayor transparencia de cada una de las actividades que componen el flujo.

- c. Inspección de calidad enfocada a los procesos y no a los productos terminados.

- f. Capacitar la mano de obra. Este recurso presenta un gran potencial de mejoramiento, ya que su desempeño en la construcción no es eficiente debido a que en general es poco calificado. Además el desempeño de un buen trabajo depende de atributos personales como la capacidad de organización, de orden y de establecer relaciones, los cuales son 118 desarrollados fundamentalmente en el proceso de educación formal, que para el caso del trabajador de la construcción es más bien bajo.



BIBLIOGRAFIA

- Botero Botero, L. (2002). *Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción*. Artículo. Botero: Revista No 128 Universidad EAFIT.
- Polanco Sánchez, L. (2009). *Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción. Estudio de caso Edificio JUPB*. Tesis. Remolina: Universidad Pontificia Bolivariana.
- *Construdata*. (2013). Núm. 166. Marzo –Mayo (2013). Editorial LEGIS
- Proyectosalohnhogar (2005). *Origen de acueductos [Línea]* Fundación Héctor A. García. El Tiempo.
- Alvares Quintero. (2014). *Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción-en viviendas unifamiliares*. Estudio de caso Condominio Villas del Prado. Tesis. Luisa Fernanda: Universidad Surcolombiana