

**“ESTANDARIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN PROYECTOS DE REDES  
INTERNAS”**

**WILLIAM CÁRDENAS PEÑARANDA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELETRÓNICA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2014**

**“ESTANDARIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN PROYECTOS DE REDES  
INTERNAS”**

**WILLIAM CÁRDENAS PEÑARANDA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Electricista**

**Director**

**JOHN FREDY FRANCO MARULANDA  
INGENIERO ELECTRICISTA  
DIRECTOR DE PROYECTOS INMEL INGENIERÍA S.A.S.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELETRÓNICA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2014**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Medellín, 4 de agosto de 2014.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias infinitas a Dios todo poderoso que dispuso para mí, la fortuna de tener oportunidades de estudio y superación.

A mis padres Carlos Cárdenas Peñaloza y Teotiste Peñaranda Toncel, por apoyarme y brindarme una educación de la mejor calidad.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por brindar programas educativos fuertes y competitivos, por abrir espacios para relacionar a las personas de la academia con las empresas.

A INMEL INGENIERÍA S.A.S., por darme a conocer el “cómo se hace” de las instalaciones eléctricas internas, por acogerme como uno de sus trabajadores y permitirme aprender mucho más.

Al ing. John Fredy Franco Marulanda, por ser mi jefe y director de proyecto dispuesto a colaborar y resolver las dudas o complicaciones que se presentaran.

A la ing. Paola Frasser, por plantear el proyecto para desarrollar la pasantía y que hoy se convierte en mí trabajo de grado.

Al ing. Elkin Ceballos Buitrago, por las clases de instalaciones eléctricas, que sin duda fue lo que me dieron las bases para poder laborar en ese campo.

Al ing. Juan Carlos Pérez Osorno, por estar siempre dispuesto a colaborar brindando su experiencia, durante el tiempo de mi pasantía.

A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente con la consecución del presente trabajo, mi crecimiento personal y profesional.

***William Cárdenas Peñaranda***

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	8
1.1. Objetivo general .....	8
1.2. Objetivos específicos .....	8
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	9
2.1. Origen de la idea .....	9
2.2. Estado del arte.....	9
2.3. Sistema constructivo para instalaciones eléctricas según tendido de tubería.....	10
<b>3. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS</b> .....	12
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	12
<b>5. MANO DE OBRA</b> .....	13
5.1. Definición .....	13
5.2. Clasificación.....	13
<b>6. RENDIMIENTO</b> .....	14
6.1. Definición .....	14
6.2. Tipos de rendimiento .....	14
6.3. Aspectos que afectan y determinan los rendimientos de mano de obra .....	15
<b>7. ESTUDIO DE CASO PROYECTO SELECT BUSINESS TOWER</b> .....	16
<b>8. VISITAS DE OBRA</b> .....	19
<b>9. REPORTE DE TIEMPO Y UNIDADES</b> .....	22
<b>10. VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS</b> .....	24
<b>11. DIVULGACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS</b> .....	25
<b>12. ANÁLISIS DE EFICIENCIA DEL RENDIMIENTO</b> .....	25
<b>13. ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	26
<b>14. RECOMENDACIONES</b> .....	29
<b>CONCLUSIONES</b> .....	31
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	33
<b>ANEXOS</b> .....	35

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Render edificio Select Business Tower.....</b>	<b>17</b>
<b>Ilustración 2. Ubicación proyecto Select Business Tower. ....</b>	<b>17</b>
<b>Ilustración 3. Florida Norteamérica, torre 8 finalizada y torre 7 en construcción. ....</b>	<b>18</b>
<b>Ilustración 4. Esquema de secuencia de actividades de instalaciones eléctricas....</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 5. Formato para medición de tiempo en actividades diarias .....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 6. Formato para medición de tiempo en actividades, aplicado en la obra Font Living, actividad: Alambrada.....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 7. Formato para medición de tiempo en actividades, aplicado en la obra Font Living, actividad: Canalizada .....</b>	<b>37</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Rendimiento actividad: Canalizada .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 2. Rendimiento actividad: Alambrada .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3. Rendimiento actividad: Aparateada .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 4. Rendimiento actividad: Tableros, gabinetes y s/e .....</b>	<b>41</b>

## GLOSARIO

Definiciones tomadas del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE 2013

**ANÁLISIS DE RIESGOS:** Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

**CERTIFICACIÓN:** Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un sello de conformidad, que un producto, un proceso o servicio cumple un reglamento técnico o una(s) norma(s) de fabricación.

**CERTIFICACIÓN PLENA:** Proceso de certificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETIE a una instalación eléctrica, el cual consiste en la declaración de acatamiento suscrita por la persona calificada responsable de la construcción de la instalación, acompañada del aval de cumplimiento mediante un dictamen de inspección, previa realización de la inspección de comprobación efectuada por inspector(es) de un organismo de reconocimiento debidamente acreditado.

**DISTANCIA DE SEGURIDAD:** Distancia mínima, alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

**DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:** Transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de una área específica.

**EDIFICIO:** Estructura fija, hecha con materiales resistentes para vivienda humana o para otros usos.

**EDIFICIO ALTO:** Es aquél que supera los 28 metros de altura, medidos desde el nivel donde puede acceder un vehículo de bomberos, según el Código de Sismo Resistencia.



**INSTALACIÓN ELÉCTRICA:** Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. La cual para los efectos del presente reglamento, debe considerarse como un producto terminado.

**LUMINARIA:** Componente mecánico y óptico de un sistema de alumbrado que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación.

**MANTENIMIENTO:** Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

**NORMA DE SEGURIDAD:** Toda acción encaminada a evitar un accidente.

**NORMA TÉCNICA:** Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

**PERSONA ADVERTIDA:** Persona suficientemente informada y supervisada por personas calificadas que le permitan evitar los riesgos que podría generar al desarrollar una actividad relacionada con la electricidad.

**PERSONA CALIFICADA:** Persona natural que demuestre su formación (capacitación y entrenamiento) en el conocimiento de la electrotecnia y los riesgos asociados a la electricidad.

**PERSONA HABILITADA:** Profesional competente, autorizado por el propietario o tenedor de la instalación, para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su conocimiento y no presente incapacidades físicas o mentales que pongan en riesgo su salud o la de terceros.

**PLANO ELÉCTRICO:** Representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

**PROFESIONAL COMPETENTE:** Es la persona natural (técnico, tecnólogo o ingeniero formado en el campo de la electrotecnia), que además de cumplir los requisitos de persona calificada cuenta con matricula profesional vigente y que según la normatividad legal, lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión y ha adquirido conocimientos y habilidades para desarrollar actividades en este campo.

**PUESTA A TIERRA:** Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**SISTEMA DE EMERGENCIA:** Un sistema de potencia y control destinado a suministrar energía de respaldo a un número limitado de funciones vitales, dirigidas a garantizar la seguridad y protección de la vida humana.

**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT):** Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

**SOBRETENSIÓN:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

Además es necesario manejar el léxico de construcción.

**CANCHAR:** Cortar un muro o losa, ya sea con pulidora o con cincel y almádana; se realiza para instalar tubería PVC para embeberla.

**CASETÓN:** Elemento constructivo poligonal, cóncavo, moldurado y con adornos, que dispuesto en serie constituye el artesonado. (Real Academia Española).

**ENCOFRADO:** Molde formado con tableros o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después. (Real Academia Española).

**MAMPOSTERÍA:** Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaño. (Real Academia Española).

**MORTERO:** Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua, que puede contener además algún aditivo. (Real Academia Española).

**PORÓN:** Cubo de icopor o madera que se usa en el armado de la losa para dar forma a esta antes del vaciado del hormigón.

**VIGA:** Hierro de doble T destinado en la construcción moderna para formar los techos en los edificios y sostener y asegurar las fábricas. (Real Academia Española).

**VIGA MAESTRA:** Viga que tendida sobre pilares o columnas, sirve para sostener las cabezas de otros maderos también horizontales, así como para sustentar cuerpos superiores del edificio. (Real Academia Española).

## RESUMEN

INMEL INGENIERÍA S.A.S. es una empresa antioqueña dedicada a la prestación de servicios de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones para los sectores minero energético, comunicaciones y construcción. Ofrece soluciones de ingeniería en toda la cadena de abastecimiento de la energía eléctrica desde los procesos de generación, transmisión, distribución, hasta su uso final, a través de la consultoría, el diseño, la construcción, los montajes electromecánicos y el mantenimiento en líneas energizadas y operación comercial de las instalaciones de usuario final y redes de distribución. Con una experiencia de más de 30 años.

El objetivo principal de este proyecto es determinar los rendimientos de las actividades realizadas por las cuadrillas en una instalación de redes eléctricas internas, participando como residente electricista en un proyecto de construcción, asumiendo responsabilidades como verificar los planos eléctricos, programar e inspeccionar la ejecución de las actividades para que la instalación eléctrica brinde seguridad al usuario final según normatividad vigente y garantizar el aprovisionamiento oportuno y el empleo eficiente de los recursos involucrados en la realización de las actividades propias del contrato.

Se realizan visitas a la obra, se desarrolla un reporte de tiempo y unidades, se plantea una primera verificación de cumplimiento de los procedimientos y divulgación de los procedimientos e instructivos.

**Palabras clave:** Redes eléctricas internas, planos eléctricos, inspección, seguridad.

## **ABSTRACT**

INMEL INGENIERÍA S.A.S. Is a company from Antioquia, dedicated to providing electrical engineering services for the energy and telecommunications sectors mining, communications and construction. It offers engineering solutions throughout the supply chain of electricity from the generation, transmission, distribution to end use through consulting, design, construction, electromechanical assembly and maintenance on energized lines and commercial operation of end user facilities and distribution networks. With an experience of over 30 years.

The main objective of this project is to determine the performance of activities the electrician cuadrilles have to do in an electrical network installation. Working as an electrician resident engineer on a construction project, taking responsibility to verify electrical designs of the building, program and inspection the implementation of activities to ensure the electrical installation provides safety to the final user according to current regulation and to guarantee timely supply and efficient use of the resources involved in carrying out the activities of the contract.

Work visits are conducted, units and time reports are developed, a first verification of compliance with procedures and dissemination of procedures and instructions is arisen.

Keywords: internal electrical networks, electrical designs, inspection, safety.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del periodo de práctica profesional en la empresa INMEL INGENIERÍA S.A.S., donde se participó como ingeniero residente electricista, se planteó el desarrollo del proyecto: Estandarización de Procedimientos en Proyectos de Redes Internas, donde se creó la metodología para identificar y modificar las actividades propias de una instalación eléctrica, de tal manera que se logre mayor eficiencia en trabajos futuros.

El rendimiento en la mano de obra es un requisito muy importante para INMEL INGENIERÍA S.A.S. al momento de crear una oferta para determinado proyecto o licitación, sin embargo, la información que se tenía de esto, ha sufrido cambios de una licitación a otra, por lo que se hizo necesario recolectar información de rendimientos de mano de obra de diferentes tipos de proyectos para lograr un estándar actualizado que permitiera ofertar con mayor seguridad y cumplir con los tiempos de entrega de obra, además de un uso más eficiente de los materiales y el recurso humano.

Se estableció que las mediciones a realizar en el proyecto Select Business Tower, serán por metro de tubería, alambre o cable instalado, cantidad de tableros, gabinetes, celdas, equipos y aparatos montados, para que sea comparable con la ejecución de la misma labor en otros proyectos.

La duración de la práctica no contempla la instalación interna de todo el edificio, porque se reconoció como factor determinante limitador o retardante, el avance de la construcción de la obra, por lo que el proyecto refleja las actividades y tiempos, registrados hasta la culminación del tiempo en práctica.

El registro del tiempo de las actividades propias de las instalaciones realizadas, solo se consideraron cuando estas habían sido adelantadas de manera continua, sin embargo, contempla imprevistos propios del tipo de construcción y aspectos que influyen en el rendimiento de la ejecución de la instalación, como se verá más adelante.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

Determinar los rendimientos de mano de obra de las actividades de una instalación de redes internas.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Detallar el procedimiento seguido para realizar las actividades de instalaciones de redes internas.
- Diseñar y elaborar formatos para toma de medidas de variables representativas y significativas.
- Desarrollar reporte de tiempo y unidades.
- Formular y/o actualizar instructivos de procedimientos.
- Comprobar que la aplicación de los instructivos se esté realizando adecuadamente.
- Hacer un análisis de la información obtenida en campo.
- Crear un formato donde se describa el rendimiento de cada actividad de las instalaciones internas.
- Plantear la divulgación de los procedimientos e instructivos para su posterior aplicación en otros proyectos y realimentación del formato de rendimientos.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Origen de la idea**

La empresa INMEL INGENIERÍA S.A.S., cuenta con una plantilla propia formulada en EXCEL para la organización, cotización y presentación de las ofertas a las diferentes licitaciones, teniendo en cuenta diferentes parámetros como cantidades de obra, APU, materiales, transporte entre otros. Dentro de la APU, se encuentra el rendimiento, una característica que es determinante en el momento de la formulación de la oferta, este rendimiento se refiere a la cantidad de instalaciones de equipos o materiales que se alcanzan a realizar en un día por una cuadrilla conformada según criterios que la experiencia les ha brindado; este criterio permite aproximar el comportamiento de la instalación, determinar si la cuadrilla es suficiente o si es necesario reconfigurarla o agregar otra, de tal forma que se logre obtener la utilidad esperada. Sin embargo, los rendimientos registrados son modificados de una licitación a otra, lo que le resta eficiencia a la formulación, puesto que realmente se estaría alejando del objetivo real, que es aproximar a lo que sucede en obra.

Habiendo definido como problemática, la falta de confiabilidad del rendimiento como indicador de montajes de equipos y materiales por día, se plantea la medición del rendimiento en obra para los diferentes proyectos de instalaciones internas que maneja la empresa, teniendo en cuenta que a pesar de que cada proyecto presenta particularidades, INMEL INGENIERÍA S.A.S., tiene definido instructivos para la realización de varios procedimientos.

### **2.2. Estado del arte**

Actualmente se pueden encontrar varias tesis y artículos en los que se describe muy ampliamente el desarrollo de una obra e inclusive el rendimiento de mano de obra, pero desde la construcción como un todo y lo que muestran sobre la instalación eléctrica es muy pobre, esto debido a tres razones:

1. La forma de construcción tradicional en la que después de haber adelantado buena parte de la obra civil, se procede a “canchar” para poder hacer la instalación eléctrica, la



hidráulica, sanitaria y de comunicaciones, por lo que el alcance de las tesis de ingeniería civil en ocasiones no integra los temas de instalaciones internas.

2. Normalmente las empresas constructoras, contratan a otras que se dediquen al diseño y la instalación eléctrica, se concretan plazos de entrega y con esto aseguran el cumplimiento del RETIE y la NTC 2050.

3. En las tesis de ingeniería civil es más importante o significativo realizar estudios de calidad de materiales, estructuras, control de precios unitarios, permisos ambientales y licencias.

También es posible conseguir tesis desde el campo de la ingeniería eléctrica, pero destinadas al diseño, guía de diagnóstico e inspecciones de instalaciones eléctricas internas de diferente tipo.

### **2.3. Sistema constructivo para instalaciones eléctricas según tendido de tubería**

**Tradicional canchando:** Armado de estructuras, vaciado de losas y vigas, los mamposteros construyen los muros, luego entran a trabajar las cuadrillas de plomeros y por último los electricistas a hacer instalación de tuberías. La obra civil avanza normalmente.

Con este sistema, la obra eléctrica avanza rápidamente, puesto que cuando entran los electricistas tienen la libertad de canchar los muros tanto para ubicar la tubería según los planos o según la ruta más corta posible (no siempre es la misma), como para instalar cajas de salidas eléctricas, telecomunicaciones, iluminación (plafón en muro), gabinetes y tableros eléctricos, sin embargo, últimamente las empresas constructoras no prefieren este sistema, argumentado que al realizar canchas o al cortar el muro, se generan fracturas en los muros, disminuyendo su resistencia. La tubería que transporta los conductores que alimentan lámparas y plafones, es en PVC en cielo falso o en EMT si es expuesta.

**Tradicional sin canchar:** Teniendo en cuenta la problemática, del sistema tradicional, la constructora entrega a mamposteros adobes (con agujeros) horizontales y verticales, de tal manera que donde se vaya a ubicar tubería se haga aprovechando los agujeros del adobe.

El avance de la obra eléctrica es lenta, puesto que depende del avance de mamposteros, por lo que debe haber durante el proceso de mampostería personal electricista para ir dejando la tubería embebida en los adobes. Para instalar cajas de telecomunicaciones, salidas, gabinetes y tableros eléctricos, se debe cortar el adobe antes de colocarlo en el sitio donde va quedar ubicado, para no fatigar el muro. La tubería que transporta los conductores que alimentan lámparas y plafones, es en PVC en cielo falso o en EMT si es expuesta.

**Tubería embebida en losa:** Con este sistema, la tubería que antes iba por cielo falso o expuesta, se instala completamente en PVC durante el armado de la losa.

Es un sistema muy difundido entre empresas constructoras, tendrían la posibilidad de entregar apartamentos locales y demás espacios privados de la edificación sin cielo falso y que esos gastos corran por cuenta del cliente. Al ubicar la tubería durante el armado de la losa es posible recorrer distancias más cortas haciendo curvas sin que estorben vigas (porque las atravesaría), sin embargo tiene como desventaja que requiere personal electricista permanentemente durante el armado de la losa y el vaciado, para que al ubicar y asegurar la tubería, esta no sufra estrangulamiento con las mallas metálicas, el post tensado (si lo usan), ni ruptura por los vibradores, por los coches (carretillas), ni por pisadas y cuidar que no entre concreto en la tubería.

En algunos casos los encargados electricistas, optan por usar diferentes rutas para los circuitos, es decir, dejan tubería opcional previendo que si se tapa o estrangula una, tengan otra por donde completar el circuito. En una losa, se ubica la tubería que alimentará todos los circuitos tanto en el piso superior como en el inferior, para alimentar los tomacorrientes que normalmente se ubican en muros, se coloca la tubería en el muro ya sea siguiendo el sistema tradicional o tradicional sin canchar.

### **3. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS**

Este proyecto se realiza por la necesidad de establecer índices de productividad confiables de las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones eléctricas, para los diferentes tipos de construcciones.

Teniendo la medición real de la cantidad instalada por tiempo, para diferentes actividades de instalaciones eléctricas, es posible colocar a prueba estos resultados parciales en otros proyectos, verificar cumplimiento y realimentar el proceso para tomar decisiones en cuanto a cuadrillas, materiales, vehículos y demás, con lo que se obtendría una estandarización de procedimientos en proyectos de redes internas, y finalmente que el rendimiento no afecte negativamente la utilidad real obtenida al final de la obra.

### **4. METODOLOGÍA**

Se utilizó el método de investigación inductivo-deductivo, donde lo inductivo se refiere a la observación, descripción y registro de las actividades, y lo deductivo, al análisis de la información para así obtener nuevos conocimientos.

De acuerdo al método de investigación escogido se determinan las funciones a ejecutar en el proyecto:

1. Visitas de obra:
  - Establecer las actividades que conforma una instalación eléctrica en una construcción.
  - Conocer en qué consisten las actividades.
  - Registrar materiales, herramientas, personal y tiempo requerido para realizar cada actividad.
2. Reporte de tiempo y unidades:

- Seleccionar las actividades críticas.
  - Seleccionar tareas críticas.
  - Comparar el procedimiento seguido para realizar las actividades en obra, con los establecidos en los instructivos, en caso de no existir instructivo, crearlo.
  - Desarrollar un formato de rendimiento v. 1.0.
3. Verificación de cumplimiento de los procedimientos
- Comprobar que la aplicación de los instructivos se esté realizando adecuadamente.
4. Divulgación de los procedimientos e instructivos:
- Registro del formato de rendimiento en la intranet de INMEL INGENIERÍA S.A.S.
  - Organizar capacitación para el personal encargado de las instalaciones para que interioricen los instructivos.

## **5. MANO DE OBRA**

### **5.1. Definición**

La mano de obra se refiere, al personal dedicado a realizar las actividades propias de un proceso o trabajo, en nuestro caso relacionado con las instalaciones eléctricas. Puede ser directa o indirecta, dependiendo de su relación con el trabajo, de allí que para la mano de obra directa se identifique a los diseñadores, técnicos y ayudantes electricistas, y para la mano de obra indirecta al personal administrativos: ingenieros, contadores, asesores, revisores fiscales, gerentes y más.

### **5.2. Clasificación**

Dependiendo de la formación, experiencia y capacidad del personal operativo, será la remuneración económica que estos reciban por la labor realizada. En INMEL INGENIERÍA S.A.S., la mano de obra se divide en dos:

- **Mano de obra calificada (oficiales):** Profesionales competentes.
- **Mano de obra no calificada (ayudantes):** Trabajadores con poca o ninguna formación académica o experiencia.

Dentro de esta clasificación hay 3 subniveles, es decir, de acuerdo a la formación y experiencia de abajo hacia arriba sería ayudante 3, ayudante 2 y ayudante 1, luego oficial 3, oficial 2 y oficial 1. Los trabajadores son motivados para que avancen de nivel y se profesionalicen como política de apoyo al trabajador.

<b>Cargo</b>	<b>Clasificación</b>
Ingeniero Residente Electricista	Persona Habilitada
Auxiliar de Ingeniería Eléctrica	Profesional competente
Oficiales	Persona calificada
Ayudantes	Persona Advertida

**La cuadrilla**, se refiere al grupo de trabajo que realizan las labores según el tipo de proyecto; conformada básicamente por un oficial y un ayudante.

## **6. RENDIMIENTO**

### **6.1. Definición**

La Real Academia Española define el rendimiento como, producto o utilidad que rinde o da alguien o algo. // Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.

### **6.2. Tipos de rendimiento**

En las actividades de instalación se puede evaluar lo que conforma y hace posible la instalación eléctrica: equipo y herramienta, materiales y mano de obra.

- **Rendimiento de equipo y herramienta:** Se define como el tiempo de vida útil del equipo o la herramienta, el tiempo que se puede usar un equipo o herramienta en determinada actividad.
- **Rendimiento de materiales:** Relación entre cantidad de material y la unidad de medida de actividad, se mide que tanto del material utilizado es aprovechado en la actividad para el cual fue destinado.
- **Rendimiento de mano de obra:** El rendimiento de mano de obra, se refiere a la cantidad de obra de alguna actividad, ejecutada por obrero o cuadrilla por unidad de tiempo.

### 6.3. Aspectos que afectan y determinan los rendimientos de mano de obra

El rendimiento de la mano de obra en las instalaciones eléctricas se ve impulsado o mermado según las condiciones o particularidades del proyecto a realizarse, como pueden ser:

- **Economía General:** se refiere a la estabilidad económica de la región donde se realiza el proyecto, y en momentos de economía fuerte y creciente constante se dificulta hacer buenas contrataciones de personal competente, puesto que ya fueron captados o siguen vinculados en grandes proyectos; mientras que en economía débilmente creciente, el personal competente está buscando oportunidades y puede ser captado más fácilmente por las empresas.
- **Aspectos laborales:** concerniente a la disponibilidad de personal capacitado en la zona de trabajo, tipo de contrato, sindicalismo, remuneración e incentivos, clima organizacional, seguridad social e industrial.
- **Clima:** perteneciente a las condiciones del estado del tiempo, temperatura, condiciones del suelo, si las actividades son bajo cubierta.

- **Actividad:** grado de dificultad, riesgo, discontinuidad, orden y aseo, actividades predecesoras, tipicidad, tajo.
- **Equipamiento:** equipo, mantenimiento, suministro, elementos de protección.
- **Supervisión:** criterios de aceptación, instrucción, seguimiento, supervisor, gestión de calidad.
- **Trabajador:** situación personal, ritmo de trabajo, habilidad, conocimientos, desempeño, actitud hacia el trabajo.

Todos estos factores descritos en el artículo “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción”<sup>1</sup> del arquitecto Luis Fernando Botero Botero; los cuales aplican al rendimiento del personal electricista, pero entre ellos repercute más específicamente la formación y motivación del trabajador, las condiciones climatológicas, calidad del trabajo realizado, tajo y relaciones con el personal de la obra.

## 7. ESTUDIO DE CASO PROYECTO SELECT BUSINESS TOWER

Centro de negocios, de una sola torre de 16 niveles, 4 niveles de parqueaderos, 1 nivel de locales comerciales sobre la transversal, 8 niveles de 2 aparta – oficinas por nivel y 3 niveles de 1 aparta – oficina por nivel, lobby de recepción, 2 ascensores.

En el sector de El Poblado, cerca al nuevo edificio de Isagen, contiguo al Mall Interplaza. Ubicado en la transversal inferior con vías de fácil acceso y salida, a tan solo una cuadra de la calle 10 y cerca de la vía las palmas. En la ciudad de Medellín

Diseño de M+ Group, gerencia Creando Proyectos S.A.S., construye Rios Constructores S.A.S., contratista electricista INMEL INGENIERÍA S.A.S.

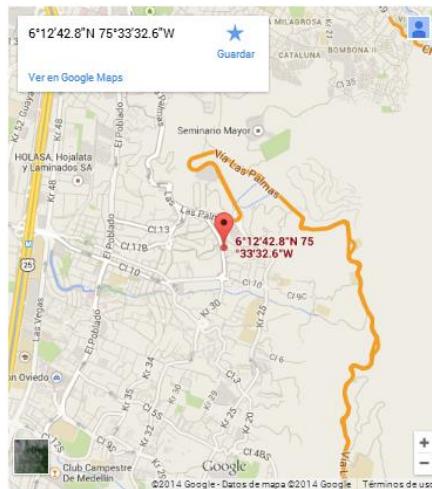
---

<sup>1</sup> Botero, L. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Revista Universidad EAFIT, (128), 9-21.



*Ilustración 1. Render edificio Select Business Tower.*

*Fuente: <http://www.mgroup.com.co/contenido/proyecto/61-select>*



*Ilustración 2. Ubicación proyecto Select Business Tower.*

*Fuente: <http://www.mgroup.com.co/contenido/proyecto/61-select?cf=61-select%3f%3d61-select%3f%3d61-select>*

La participación de INMEL INGENIERÍA S.A.S., en el proyecto, se define en el suministro e instalación de la red eléctrica provisional, red eléctrica interna y telecomunicaciones limitada, puesto que la constructora entrega a los clientes, los locales y las aparta – oficinas con la alimentación de tablero de protecciones activada y cajas de dispersión (telecomunicaciones),



pero sin distribución interna de tomacorrientes, iluminación, voz o datos, para que el cliente puede hacerla a su gusto y necesidad.

También se realizan visitas para identificar tareas en el proyecto Florida Norteamérica.

Florida es un proyecto de apartamentos ubicado en el sector más exclusivo de Bello (Sector Navarra).

Cercano a centros comerciales, a 5 minutos de la estación Niquía del metro, al polideportivo Tulio Ospina, entre otros.

Florida Norteamérica tendrá 1.600 apartamentos que se encuentran distribuidos en 8 torres de 200 apartamentos cada una, 8 apartamentos por piso (cuatro de ellos con vista hacia Copacabana y cuatro hacia Medellín).<sup>2</sup>



*Ilustración 3. Florida Norteamérica, torre 8 finalizada y torre 7 en construcción.*

*Fuente: <http://norteamerica.com.co/florida>*

En Florida Norteamérica, INMEL INGENIERÍA S.A.S., realiza suministro e instalación de redes internas finalizando torre 8; en su totalidad torres 7 y 6, hasta el momento.

---

<sup>2</sup> Florida Norteamérica. Apartamentos campestres. <http://norteamerica.com.co/florida>

## **8. VISITAS DE OBRA**

Las visitas de obra, son las inspecciones que se realizan al proyecto en construcción por parte del ingeniero residente, encargado del sistema de seguridad y salud en el trabajo (SST) o personal administrativo de la empresa INMEL INGENIERÍA S.A.S., en ellas se verifican y evalúan las labores que se han realizado, se asignan y programan nuevas actividades y se asiste a los comité de avance de obra para estar informado del progreso general, por menores y cambios de la obra.

La jornada laboral del personal de la obra, está de acuerdo con la jornada ordinaria de trabajo máxima establecida en el artículo 161 del código sustantivo de trabajo donde dice que es de 48 horas semanales.

En el proyecto Select Business Tower, se labora de lunes a viernes, 9.6 horas diarias, la cuadrilla asignada está conformada por un oficial encargado, un oficial y un ayudante.

Se aprecia en visitas al proyecto Florida Norteamérica, que INMEL INGENIERÍA S.A.S., cuenta con personal disponible para actividades especiales o poco frecuente dentro del mismo proyecto de instalaciones internas, como es el caso de los oficiales que se encargan de realizar las tareas de canalización, redes externas y obra civil en general.

Los oficiales, normalmente son técnicos electricistas con experiencia y habilidad en diferentes actividades, pero no todos tienen destreza en todas las actividades, lo que determinan la conformación de la cuadrilla y si es necesario más ayudantes u oficiales y ayudantes.

En todo proceso administrativo existen cuatro fases: Planificación, ejecución, evaluación y comunicación. En la planificación se tiene la labor del personal administrativo, desde la estrategia para conseguir el contrato, hasta como desarrollarlo; ejecución, personal técnico bajo supervisión de ingenieros electricistas; evaluación, ingenieros electricistas residentes y encargados de sistema de seguridad y salud en el trabajo; comunicación, coordinadores de Sistema de Gestión Integral.

Las actividades que se realizan en las instalaciones eléctricas se pueden asociar en 4 grandes grupos, que son:

- **Canalizada:** hace referencia a la disposición de todo tipo de conducción de cables, es decir, tubería, ductos, bandejas porta cables; el material, dimensiones y forma de instalación de los mismos, PVC, EMT, IMC, TMG, canalización superficial; la tubería y ducto PVC puede ser instalada expuesta (solo Schedule 40 o Schedule 80, según NTC 2050), embebida en muro, embebida en losa, atracada en suelo. Se mide en metro instalado por jornada por cuadrilla.

Dependiendo de la cantidad de ductos y el lugar a instalar, podría necesitarse desde una cuadrilla conformada por un oficial y un ayudante para tubería PVC embebida en muro, tubería EMT inferior a la losa, bajantes en tubería TMG para postes, o montando ductos metálicos cerrados o bandejas porta cables; un oficial y dos ayudantes para instalar tubería PVC en el armado de la losa; hasta más de dos oficiales y cuatro ayudantes para la disposición de ducto PVC atracado en el suelo por canalización, para acometidas eléctricas y de telecomunicaciones.

Se confirma la ruta más corta descrita en plano con la posible en campo, dependiendo de donde será ubicada la tubería y el método constructivo, se deberá cortar el muro, apostarla progresivamente en conforme vaya avanzando la mampostería o colocarla antes del vaciado en la losa en el caso de la tubería PVC, teniendo especial cuidado de sellar los tubos con icopor para que no se llenen de concreto o mortero de cemento; para EMT, IMC, se debe utilizar curvador para lograr los diferentes ángulos necesarios.

Se utilizan pulidoras, escaleras, alicates, soldadura PVC, almádana, cincel, muela uniones, curvas, chazos, mangos de sierra, tornillos, destornilladores, adaptadores terminales, entradas a cajas, cajas PVC, cajas metálicas, soportes verticales, grapas, horquillas.

- **Alambrada:** Instalación de alambre o cable; el calibre, tipo. Se mide en metro instalado por jornada por cuadrilla.

A menudo se ve trabajando un oficial y un ayudante, esto para verificar si hay algún problema al sondear y atravesar el cable en el interior del tubo, también es posible encontrar un ayudante solo sondeando, puesto que se trata de labores repetitivas que no requieren de supervisión o mucha instrucción.

Después de instalada la tubería, se procede a sondearla y guiarla con alambre dulce, preparar los conductores a introducir en la tubería, halar los conductores con la ayuda de la guía, luego se marcan los conductores con el circuito al que pertenecen. Para el anillo superior de apantallamiento, se utilizan soportes aisladores para mantener el cable fuera de contacto con la superficie del edificio, conectores de compresión para cerrar el anillo y para empalmar los bajantes.

Se utilizan escaleras, alicates, cortafríos, alambre dulce, sonda metálica.

- **Aparateada:** Disposición de los aparatos de iluminación, fuerza y sensores. Se mide en unidad instalada por jornada por cuadrilla.

Lo puede realizar un ayudante entendido, con instrucción suficiente o con supervisión permanente de un oficial, esto porque a pesar de ser procesos repetitivos, hay aparatos que resultan costosos y frágiles, o inclusive pueden presentarse accidentes instalándolos.

Se verifica la ubicación de los aparatos según el plano y el espacio en campo, se instalan los aparatos respetando distancias de seguridad con otros servicios, se comprueba funcionamiento de equipo instalado, y se equipan los tableros con breakers.

Se utilizan escaleras, destornilladores, alicates, cortafríos, multímetros, conectores resorte de calibre correspondiente a los conductores que lo alimentan, tornillos, interruptores, tomacorrientes, sensores, luminarias.

- **Tableros, gabinetes y s/e (equipos especiales):** Montaje de tableros, gabinetes, celdas, transformadores y equipos especiales. Se mide en unidad instalada por jornada por cuadrilla.

Trabajo realizado casi exclusivamente por oficiales, los ayudantes en ocasiones ayudan con la adecuación del espacio antes, durante y después del montaje, siguiendo instrucciones, frecuentemente son dos oficiales y dos ayudantes los que se encargan de equipar la subestación.

Se cortan los muros, para montar los tableros, se organiza el sitio donde quedarán ubicados gabinetes, celdas de transformadores, transformadores, seccionadores y más equipos de subestación.

Se utilizan grúas, montacargas, pulidoras, destornilladores, tornillos, adaptadores PVC, terminales pre moldeadas, conectores para puesta a tierra de equipo, entre otros.

El personal en la obra tienen diferentes motivaciones, unos buscan la realización profesional como técnicos o tecnólogos electricistas, otros ofrecerle mejor condición de vida a su familia, a unos cuantos les gusta que su conocimiento trascienda y otros demuestran que es el orgullo de participar en diferentes tipos de proyectos que hacen historia en la región y el país, lo que los mueve a trabajar en el campo de la electricidad.

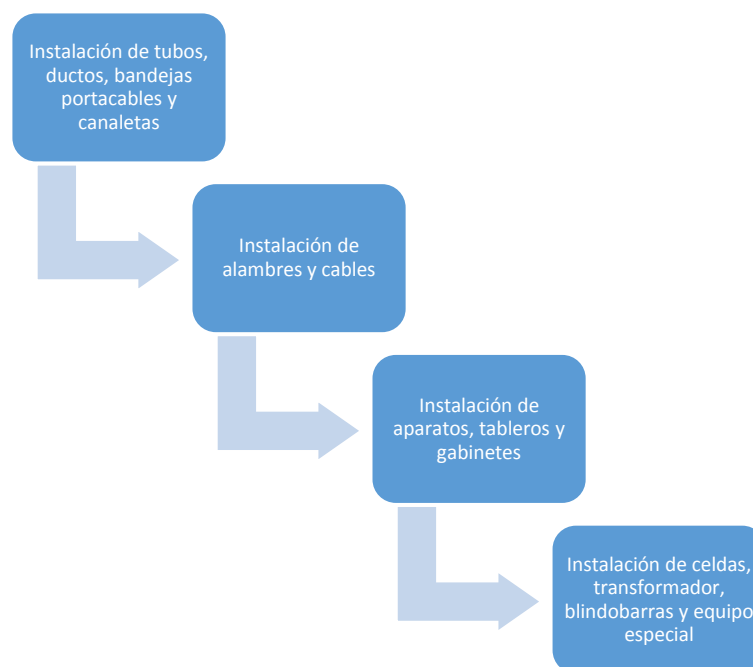
Los inconvenientes que se aprecian en la obra, normalmente son motivados por el pobre avance de la obra, la falta de programación de la constructora, la falta de continuidad en el trabajo, los reprocesos, la falta de pericia por parte de algunos trabajadores, insuficiente supervisión o instrucción.

## **9. REPORTE DE TIEMPO Y UNIDADES**

Habiendo reconocido las tareas principales que conforman las actividades propias de una instalación eléctrica, se desarrolla un formato donde se evidencia cuánto de esas tareas se ejecuta diariamente, esto buscando conseguir el rendimiento de las actividades y además como complemento de la bitácora donde solo consta qué, pero no cuánto se hace, tener un registro del material instalado para poder hacer inventario y entrega formal de cada espacio terminado.

Existe en INMEL INGENIERÍA S.A.S., un formato en el que se puede establecer la cantidad en porcentaje de actividad realizada (tubería, alambrada o equipos), directamente por espacios, pero esto puede resultar más tedioso porque se tendría que terminar de instalar en el espacio completo para saber qué cantidad es la total a instalar en tubería y alambre, puesto que lo plasmado en planos, no siempre es posible en campo. Además, por ese mismo motivo, al momento de presentar reportes de avance de obra, la información que se suministra no sería la más coherente.

Al realizar la medición por medio del formato desarrollado en el proyecto Select Business Tower, se reconoce que las actividades son secuenciales y dependientes del avance de la obra y el método constructivo, por tal motivo la criticidad de las actividades está definida en la calidad con que se realicen las tareas que las componen, para no tener re procesos.



*Ilustración 4. Esquema de secuencia de actividades de instalaciones eléctricas.*

No existe una ruta crítica que aplique a todos los proyectos de instalaciones eléctricas, porque depende de la continuidad en el trabajo de la constructora, mientras más eficiente y eficaz sea la programación de la obra, más rápido será la intervención eléctrica y con mejor rendimiento.

Sin embargo, es posible saltar entre actividades siempre y cuando la obra lo permita, para evitar tiempos muertos de las cuadrillas, es decir, cuando el tajo se termine existan impedimentos para poder continuar, sería conveniente trasladar al personal a otra área ya sea para realizar la misma actividad o realizar otra, cuando no exista otra área donde trabajar o intención de la constructora para abrir tajo o habilitar nuevos espacios para trabajar, se acostumbra a trasladar al personal a otra obra, previo aviso a la constructora, con esto se cuidan las utilidades que representa el proyecto, puesto que no se estaría pagando personal ocioso para la obra.

En la empresa existen instructivos de instalaciones eléctricas, para canalizaciones, montaje de tableros y cajas, cableado de acometidas, cableado de tableros, alambrada general de una instalación, montaje de canastillas y bandejas. Observando cómo se realizan las tareas en la obra, se nota diferencia entre una cuadrilla y otra, esto por la instrucción que recibieron, en ocasiones los trabajadores tienen formación empírica y se hacen técnicos certificando sus conocimientos ante el SENA, por lo que la diversidad es permitida siempre y cuando se cumpla con el objetivo.

## **10. VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS**

Las actividades se realizan cabalmente siguiendo los instructivos por el personal con antigüedad en la empresa, porque esta para garantizar la calidad del personal operativo realiza pruebas y entrenamiento en el momento de la contratación y re entrenamientos anuales, lo que hace que las instrucciones estén interiorizadas y no requieran estar mirando el instructivo todo el tiempo, a los oficiales con menos de 2 años de antigüedad, se les dificulta un poco más y son supervisados constantemente.

La propuesta de conformación de cuadrilla para mejorar el rendimiento, no es posible aplicarla de momento, porque el avance de la obra en Select Business Tower no requiere involucrar más personal y resultaría inoficioso tener un ayudante extra, en labores de tendido de tubería, puesto que aún no se ha iniciado la actividad de alambrada, salvo la instalación de red provisional de la obra y sala de ventas, que ya se hizo.

Se espera que se coloque en práctica en algún nuevo proyecto y se registren los resultados, para alimentar la base de datos de rendimientos y lograr valores más confiables.

## **11. DIVULGACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS**

Los instructivos técnicos existentes, ya se encuentran publicados en la intranet de INMEL INGENIERÍA S.A.S. En las obras se realizan charlas diarias con diferentes temas, entre ellos, los instructivos y el autocuidado.

Se aprovecha la experiencia del oficial electricista encargado del proyecto Font Living para indagar el tiempo promedio de ejecución de las diferentes actividades, se plasma en el formato, este dato se toma como primer dato comparativo relativo, puesto que no tiene en cuenta las dificultades o inconvenientes que suceden en la obra.

Trimestralmente se realizan capacitaciones al personal de las obras, con temas como identificación de los riesgos en la obra, manejo de cargas y ergonomía, y trabajo seguro en alturas.

## **12. ANÁLISIS DE EFICIENCIA DEL RENDIMIENTO**

El rendimiento de la instalación de tubería depende del método constructivo de la obra, puesto que al tener que instalar tubería embebida sin canchar se tienen tiempos muertos mientras avanza la mampostería donde van instalados los ductos y tubos.

Sigue siendo un reto establecer mejores prácticas que permitan conseguir rendimientos más altos y es menester del ingeniero residente garantizar que los recursos se utilicen de manera eficiente y exista el menor tiempo muerto posible.



Mientras más sean los espacios a trabajar, el empleo de varias cuadrillas pequeñas puede contribuir a un mejor rendimiento, permitiendo repartirlas en las diferentes áreas y tareas.

Se debe distribuir las cuadrillas en los diferentes niveles del edificio, logrando manejar una mayoría en instalación de tubería, con lo que se abrirá y garantizará el trabajo a una cuadrilla en alambrada cuando se empiecen a cerrar recintos.

Es imperativo coordinar que el inicio de alambrado se realice trasladando las cuadrillas encargadas del tendido de la tubería paulatinamente, a medida que se vaya culminando la actividad de canalizada. Al haber varios niveles con tubería tendida y por solicitud de la obra, será posible ingresar más cuadrillas para cumplir metas y agilizar la ejecución de la instalación.

La aparateada es una actividad que necesitará de dos ayudantes siempre que se deban descolgar o sobreponer luminarias a más de 3 metros de altura, sin embargo, normalmente es poca la cantidad de este tipo la que se instala, por lo que es posible reagrupar las cuadrillas durante esta tarea particular.

La verificación de los aparatos instalados debe hacerse detenidamente, de esto dependerán trabajos futuros en post venta.

### **13. ANÁLISIS ECONÓMICO**

La oferta presentada para el suministro e instalación eléctrica del proyecto Select Business Tower se formuló asumiendo que se optaría por el método constructivo tradicional canchando, sin embargo, en el inicio de la ejecución del objeto del contrato la contratista exigió que se hiciera sin canchar, lo que afectaría el rendimiento y las utilidades previstas; por tal motivo y ante la imposibilidad de actualizar la oferta con nuevos rendimientos según el nuevo método constructivo por la inexistencias de estos.

Habiendo reconocido la actividad de instalación de tubería en muro sin canchar, se establece como indispensable la medición de rendimientos, de tal forma que no se presenten pérdidas en el proyecto.

La oferta presentada tenía un valor de costos directos por \$ 399.678.305,00, se presupuestó una utilidad del 4%, lo cual equivale a \$ 15.987.132,20, para un monto total de \$ 402.236.246,15 IVA (sobre la utilidad) incluido.

Se realiza una primera comparación entre el promedio de los rendimientos registrados en las diferentes obras, contra el rendimiento que se había presupuestado para las actividades de instalaciones internas en el proyecto Select Business Tower y determinar su efecto en las utilidades.

El costo de los ítems en los cuales hay actividad de instalación de tubería (plenúm, muro, suelo), representa un 26% de los costos directos de la oferta, es decir, \$ 103.916.359,3, sin embargo, los ítems que involucran tubería embebida en muro equivale aproximadamente al 12% de los costos directos, \$ 47.961.396,60.

Las actividades de canalización embebida en muro demuestran un evidente aumento en tiempo para su ejecución, es decir, que el rendimiento disminuye: se instala casi 4 veces menos tubería por jornada que con el método constructivo canchando, esto debido a que es asignado un trabajador de mampostería por muro, el avance es lento y no es continuo. Esta disminución en rendimiento se traduce en \$ 22.022.274,6 de sobre costo, valor que debería ser asumido por INMEL, para dar cumplimiento a las exigencias del cliente.

La instalación de tubería PVC en plenúm y en buitron, y EMT expuesta no se ve afectada, pero las actividades de alambrada y aparateada son retrasadas por la canalización embebida y la falta de cerramiento en mampostería de espacios donde estos serían dispuestos.

El proyecto fue presupuestado para obtener 4% de utilidad, pero si las actividades se realizaran en las condiciones descritas, no solo no se lograrían utilidades, sino que INMEL INGENIERÍA S.A.S., estaría pagando aproximadamente 1.5% de los costos directos, por los retrasos y

tiempo muerto del personal electricista en la obra, generado por el método constructivo exigido por la contratante.

En busca de evitar estos sobre costos, se planteó operar de la siguiente manera:

1. Se asignó a un ayudante en la tarea de instalación de la tubería sin canchar, por nivel en vez de por muro y la pareja restante se trasladó a realizar instalación de tubería expuesta en área de parqueaderos y tubería en plenum de puntos fijos, de tal forma de adelantar tareas y minimizar los tiempos muertos.
2. Se solicitó a la constructora que el tiempo muerto del personal electricista causado por inoperancia de otras contratistas o el método constructivo exigido, sea sufragado como administración del personal.
3. Se trasladó a un ayudante a otro proyecto, para librar la carga prestacional por personal con tiempo inoficioso.

Luego de aplicar los puntos anteriormente descritos, se compensa parte del tiempo perdido en la tubería embebida con el adelanto del tendido de tubería en otras áreas, logrando prever una utilidad de \$ 13.589.062,4 (3.4%), si bien la utilidad no alcanzaría el 4% definido al presentar la oferta, tampoco se tienen pérdidas, lo que se traduce en una ganancia, puesto que se tiene el conocimiento de cómo actuar frente a la exigencia del cliente, desarrollar alternativas de negociación con el cliente, la forma de instalación y su rendimiento, optimización de recursos, y como lección aprendida consultar el método constructivo antes de ofertar, de tal forma que se pueda ajustar el rendimiento y aproximarse a lo que sucederá en obra.

## 14. RECOMENDACIONES

- Al garantizar factores favorables de construcción y de personal, para ejecutar las instalaciones eléctricas se lograría, mayor rendimiento.
- El personal electricista debería intervenir en la obra cuando esta tenga por lo menos 3 pisos vaciados y con mampostería, de tal forma que pueda haber un desarrollo adecuado de las actividades con continuidad.
- Es necesario que el ingeniero residente encargado electricista, mantenga el seguimiento y control continuo de las labores que se realizan en la obra.
- Es de suma importancia acordar con la constructora un cronograma y compromiso de ambas partes para el cumplimiento de entregas semanales, de no ser posible un método constructivo tradicional.
- Las cuadrillas a ingresar a la obra, debe estar supeditada a los frentes en los que pueden laborar por largo tiempo.
- No se deben integrar grandes cuadrillas o agregar personal a la obra por demanda de una tarea puntual de poca duración que no garantice su requerimiento en la actividad posterior, puesto que esto iría en detrimento de las utilidades.
- Se debe tener paciencia para esperar los avances de la obra y entender las prioridades de la constructora, sin olvidar que se tiene un personal dispuesto en obra con el que se tienen obligaciones esté operando o no, por lo que se debe cuidar las utilidades del proyecto.
- Gestionar con tiempo la adición de nuevo personal al proyecto, para que esto no se convierta en impedimento o retrase el progreso normal de la instalación.

- La planeación de las actividades debe contemplar laborar en horas extras, siempre y cuando se aprecie que el trabajo realizado entre semana a pesar de haber sido bueno, no fue suficiente para cumplir metas.
- No debe haber cuadrillas de más de dos ayudantes por oficial, puesto que esto lejos de ayudar al avance de la obra, la entorpece por que se retrasaría la instrucción a cada ayudante y la verificación de lo que estos realizan.
- Es recomendable que se mantenga el encargado de la obra y un ayudante al inicio de la obra, con acompañamiento semanal del ingeniero residente electricista, para recolectar información necesaria para la planeación integral del proyecto y atender las necesidades provisionales que se puedan presentar.
- Se sugiere una nueva conformación de cuadrilla mínima de 1 oficial y 2 ayudantes, solo para tendido de tubería.
- Si el avance de la obra lo permite, se podrían tener una relación entre cuadrillas de canalización y alambrada de 3:1, sabiendo que la dificultad más grande o lo más demorado, es talvez el tendido de la tubería.

## CONCLUSIONES

- Es creado un formato para registro de actividades propias de las instalaciones de redes internas, qué tareas las conforma y medición de tiempo de ejecución.
- Es identificado y se describe el procedimiento para ejecutar las actividades de instalaciones internas.
- Se logra obtener una primera versión de rendimientos de mano de obra de las actividades propias de una instalación de redes internas y baja tensión.
- El presente trabajo es el punto de partida del ciclo de control de los procedimientos y actividades de la instalación eléctrica interna, donde se plantean las tareas y requerimientos para ser desarrolladas. Habiendo definido cómo se hace, se debería investigar cómo mejorar, luego verificar funcionamiento, cambiar tareas y reiniciar el ciclo complementando el estándar.
- El método constructivo que presenta mayor rendimiento es el tradicional, porque permite el avance eléctrico cuando ya la obra ha terminado actividades de estructura y mampostería, permitiendo que ingresen varias cuadrillas y trabajen al tiempo, en diferentes niveles y actividades.
- La mayoría de las actividades están consideradas para ser realizadas por 1 oficial y un ayudante, sin embargo se nota que el incremento de la cuadrilla mínima a un ayudante más, permitiría agilizar el trabajo, sobre todo para instalaciones de tubería.
- Se desarrollan habilidades en el manejo personal y control de recursos y se complementa la teoría con lo aplicado en la práctica profesional.

- Se necesita conocer cada detalle del proyecto del que se está a cargo, estar dispuesto a cambiar lo planteado y ser muy recursivo para proponer opciones ante diferentes dificultades.
- Un buen rendimiento significa trabajar con calidad, terminar rápido y recibir buena utilidad del proyecto.
- Los formatos son utilizados en otros proyectos para realimentar la información recolectada de rendimientos.

## BIBLIOGRAFÍA

Botero L. F. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*, (128), 9-21. Recuperado el 5 de marzo de 2014, de página web publicaciones.eafit.edu.co:

<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidadeafit/article/view/843/751>

Díaz J. D., Higueta S. (2009). *Proceso de prestación del servicio de inspección de instalaciones eléctricas para las nuevas oficinas de FLEXIPRESS S.A* (Trabajo de grado inédito Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Gómez M, León, J. A. (2013). *Guía de diagnósticos en instalaciones eléctricas hospitalarias en áreas críticas conforme a la regulación colombiana* (Trabajo de grado inédito). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Herrera G. M., Salazar L. G. (2009). *Proceso de inspección RETIE para la empresa SELECERTIFICA S.A.S. – Proyecto Sao Paulo* (Trabajo de grado inédito). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

M+ GROUP S.A.S. Proyecto constructivo Select Business Tower, locales y aparta oficinas. <http://selectbusinessstower.co/>.

Norma Técnica Colombiana NTC 2050. (1998). Primera actualización, Santafé de Bogotá D.C., Colombia.

NORTEAMERICA S.A.S. Proyecto constructivo Florida Norteamérica, apartamentos campestres. <http://norteamerica.com.co/florida>.

Pineda J. S., Sinchi, X. V. (2012). *Manual para el cálculo de precios unitarios en instalaciones eléctricas residenciales* (Trabajo de grado inédito). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado el 25 de febrero de 2014 de sitio web dspace.ups.edu.ecu:



<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3225/1/UPS-CT002515.pdf>

Polanco L. M. (2009). *Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción – estudio de caso edificio J UPB* (Trabajo de grado inédito). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 01 de marzo de 2014, de sitio web repository.upb.edu.co: <http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/635>

Real Academia Española. Diccionario. <http://www.rae.es/>

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. (2013). Recuperado el 20 de febrero de 2014, de sitio web minminas.gov.co:

<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/10862.pdf>.

## ANEXOS

MEDICIÓN DE TIEMPO EN ACTIVIDADES DIARIAS				
Fecha:				
Nombre de obra:				
Encargado:				
Conformación de la cuadrilla:				
Actividad a realizar:	Canalizada <input type="radio"/>	Alambrada <input type="radio"/>	Aparateada <input type="radio"/>	Tableros, Gabinetes y S/E <input type="radio"/>
Tareas que conforman la actividad:				
Herramientas a utilizar:				
Dificultad encontrada:				
Cantidad actividad ejecutada:				

**LISTADO DE TAREAS GENERALES**

1. Evaluar riesgos y tramitar permisos de ser necesario.
2. Disposición de herramientas y materiales necesarios para realizar las tareas.
3. Verificar la calidad de la tarea ejecutada.

**CANAUZADA**

4. Confirmar la ruta más corta en plano con la posible en campo.
5. Instalar tubería PVC en losa\* y colocar las cajas PVC para las salidas de iluminación.
6. Instalar tubería PVC en muro\* canchando y colocar las cajas PVC para las salidas eléctricas y apliques.
7. Instalar tubería PVC en muro\* empotrando y colocar las cajas PVC para las salidas eléctricas y apliques.
8. Instalar tubería PVC en plenum\*\* y colocar las cajas PVC para las salidas de iluminación.
9. Instalar tubería EMT\* y colocar las cajas metálicas para las salidas eléctricas y de iluminación.
10. Tapar los tubos con isopor, chicle o papel de cemento para prevenir taponamiento con concreto.
11. Instalar ducto o bandeja porta cables\*\*\*
12. Recoger escombros generados al canchar y ubicar en basura según indique la constructora.
13. Recoger chicotes de tubo sobrante de ser posible hacer boquillas, sino ubicar en basura según indique la constructora.

**ALAMBRADA**

14. Sondear la tubería.
15. Dejar guiada la tubería con alambre dulce.
16. Preparar los conductores a introducir en la tubería.
17. Halar los conductores por la tubería con la ayuda de la guía o pesca.
18. Marcar los conductores con el circuito al que pertenecen según cuadro de cargas.
19. Armar el anillo superior e intermedio (si lo requiere) de apantallamiento.
20. Armar la malla de puesta a tierra con soldadura exotérmica y varillas de copperweld según plano.
21. Conectar colas de equipos a la malla de puesta a tierra.
22. Conectar equipos de subestación.
23. Recoger despuentes de conductor sobrante y ubicar en basura según indique la constructora.

**APARATEADA**

24. Verificar la ubicación de los aparatos según el plano y el espacio en campo.
25. Instalar aparatos respetando distancias de seguridad.
26. Comprobar funcionamiento de equipo instalado.
27. Instalar puntas de apantallamiento según plano.
28. Equipar tableros, gabinetes y celdas.

**TABLEROS, GABINETES Y S/E**

29. Montar el tablero eléctrico en el momento en que se está armando el muro.
30. Cortar el muro e instalar tablero eléctrico.
31. Conectar tablero eléctrico con la tubería de alimentadores y de circuitos.
32. Ubicar gabinetes y celdas de la subestación.

\* Indicar diámetro  
\*\* Para instalaciones antes de RETIE 2013  
\*\*\* Indicar dimensiones

*Ilustración 5. Formato para medición de tiempo en actividades diarias*

MEDICIÓN DE TIEMPO EN ACTIVIDADES DIARIAS

Fecha: 08-07-2014				
Nombre de obra: Font Living				
Encargado: Luis Mejía				
Conformación de la cuadrilla: Ruben Nuñez Oficial Francisco Tapias ayudante				
Actividad a realizar:	Canalizada <input type="radio"/>	Alambrada <input checked="" type="radio"/>	Aparateada <input type="radio"/>	Tableros, Gabinetes y S/E <input type="radio"/>
Tareas que conforman la actividad:		15. Telecomunicación 14. 16. 17. 18. 23.		
Herramientas a utilizar:		Alicate Cinta aislante Conectores Pisca Navaja		
Dificultad encontrada:		Ninguna.		
Cantidad actividad ejecutada:		150 mts ct Ilum Por Apto		

Ilustración 6. Formato para medición de tiempo en actividades, aplicado en la obra Font Living, actividad: Alambrada

MEDICIÓN DE TIEMPO EN ACTIVIDADES DIARIAS

Fecha: 07-07-2014				
Nombre de obra: Font living				
Encargado: Luis Mejía				
Conformación de la cuadrilla: Javier Bedoya oficial Henry Loarza ayudante				
Actividad a realizar:	Canalizada <input checked="" type="checkbox"/>	Alambrada <input type="checkbox"/>	Aparateada <input type="checkbox"/>	Tableros, Gabinetes y S/E <input type="checkbox"/>
Tareas que conforman la actividad:	4 5. tubería 1/2" 10. 12. 13.			
Herramientas a utilizar:	Pulidora Alicates destornillador Equipo de gas Pega PVC			
Dificultad encontrada:	Ninguna.			
Cantidad actividad ejecutada:	83 mts 3/4" 75 mts 1/2"			

Ilustración 7. Formato para medición de tiempo en actividades, aplicado en la obra Font Living, actividad: Canalizada

<u>Actividad</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Tarea</u>	<u>Ejecuta</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>Mejoría</u>
Canalizada	Instalación de tubería PVC DB o PVC TDP atracada en el suelo	Cortar pavimento	1 oficial y 2 ayudantes	9-24 ml/jornada depende del diámetro del ducto y del terreno	1 oficiales y 3 ayudantes
		Excavar según profundidad a instalar la tubería y separando los materiales extraídos			
		Realizar primer relleno con concreto			
		Vaciar material seleccionado			
		Ubicar tubería			
		Vaciar material de relleno y compactar con pisón metálico			
		Ubicar banda plástica PVC			
		Vaciar concreto o carpeta asfáltica			
	Instalación de tubería embebida en muro canchando	Cortar el muro	1 oficial y 1 ayudante	80-90 ml/jornada depende del diámetro	1 oficial y 2 ayudantes
		Disponer la tubería en la brecha realizada			
		Cubrir la tubería con una primera capa de relleno de concreto			
		Colocar malla metálica para mejorar la resistencia del muro intervenido y evitar fisuras			
		Cubrir con segunda capa de relleno de concreto			
	Instalación de tubería embebida en muro sin canchar	Ubicar la tubería en el muro empalmado a medida que este es construido	1 oficial	25 ml/jornada	1 ayudante
		Cuidar que la tubería no sea obstruida con el relleno de concreto			
	Instalación de tubería PVC embebida en la losa	Tender la tubería entre porones y malla metálica, según plano eléctrico.	1 oficial y 1 ayudante	50-80 ml/jornada depende del diámetro del ducto y del tendido	1 oficial y 2 ayudantes
		Hacer curvas, empalmar la tubería con pipeta de gas, soplete y soldadura PVC.			
		Asegurar la tubería a la malla metálica con alambre, para que no se desplace con el vaciado del concreto.			
		Vigilar que no dañen la tubería antes, durante y después de colocada.			
	Instalación de tubería PVC en plenum	Verificar distribución de tendido en planos eléctricos.	1 oficial y 1 ayudante	30-60 ml/jornada depende del diámetro del ducto y la altura del tendido	1 oficial y 2 ayudantes
Utilizar escaleras o andamios y con permiso para trabajo en altura, si lo requiere.					
Disponer la tubería en el plenum, asegurándola a la losa con abrazaderas doble ala, según diámetro del tubo.					
Usar solo curvas prefabricadas y evitar que sean más de 3 por tramo.					

	Instalación de tubería EMT o IMC sobrepueta	Utilizar escaleras o andamios y con permiso para trabajo en altura, si lo requiere.	1 oficial y 1 ayudante	30-50 <i>ml/jornada</i> depende del diámetro del ducto y la altura del tendido	1 oficial y 2 ayudantes
		Disponer la tubería en el plenum, asegurándola a la losa con abrazaderas doble ala, según diámetro del tubo.			
		Usar curvas prefabricadas, si se requieren curvas de diferente apertura, se utiliza curvador metálico y evitando que sean más de 3 por tramo.			
	Instalación de canastillas y bandejas	Verificar en obra la ruta de está y asegurar que sea la más corta posible y con menos cambios de nivel.	1 oficial y 1 ayudante	23-38 <i>ml/jornada</i> depende de la dimensión y la altura del tendido	1 oficial y 2 ayudante
		Colocar pernos o elementos de fijación para canastillas o bandejas y posterior montaje de estas.			
		Dejar espacio libre superior de 10 cm para tener acceso a los cables.			
		Utilizar las circulaciones de zonas comunes para el montaje			
	Cajas	Confirmar en el recinto la ubicación de los aparatos terminales, contrastando con las distancia de seguridad con servicios de gas y agua	1 oficial y 1 ayudante	15-30, depende la altura a la que se vaya a instalar	N.A.
		Cortar el muro o el cielo falso con pulidora, donde quedarán dispuestas las cajas de aparatos de fuerza o luminarias.			
		Colocar adaptador terminal a la caja y el tubo, para permitir el acceso de los cables a la caja sin que se deterioren con los bordes de la tubería.			
		Instalar la caja, dejarla nivelada y asegurar que los mamposteros o revocadores rellenen los huecos que pudiesen quedar, sin que se pierda el nivel de la caja			

*Tabla 1. Rendimiento actividad: Canalizada*

Actividad	Ubicación	Tarea	Ejecuta	Rendimiento	Mejoraría
Alambrada	Cableado de acometidas	Verificar calibre de cables o alambres a instalar	1 oficial y 1 ayudante	6-10 <i>ml/jornada</i> depende del ducto, del tendido y el calibre del cable	1 oficial y 2 ayudante
		Usar pesca para guiar la tubería o ducto donde se ubicaran los cables o alambres			
		Tender acometidas a tableros y equipos que se encuentren fijados en su lugar de operación			
		Considerar porcentaje de llenado de ductos y bandejas			
		Verificar la distancia de la acometida antes de cortar los cables o alambres			
		Al cortar, anotar la longitud de la acometida			
		Marcar las acometidas identificando a que tablero o equipo pertenecen, la secuencia y correspondencia de sus hilos			
		Para acometidas por bandejas, amarrar las acometidas antes de distribuir y amarrar todo por capas en la bandeja			
	Cableado de tableros	Identificar la distribución de circuitos indicada en planos eléctricos	1 oficial	8-14 <i>unidad/jornada</i>	N.A.
		Utilizar solo los knock out necesarios según el cuadro de cargas			
		Realizar conexión a los breakers asegurando que queden correctamente apretados			
		Limpiar el interior del tablero, retirando limallas, puntas de cables y alambres y demás suciedad, que pueda haberse acumulado.			
		Colocar frente muerto, cerrar la puerta (si tiene), dejar los breakers en off e indicar la distribución del cableado colocando la tabla de marcación en la puerta del tablero al terminar la actividad			
		Solo alambrear los tableros que se encuentran en recintos cerrados o donde solicite el cliente por medio de memorando, asumiendo este el riesgo de hurto			
	Alambrada general	Usar pesca para guiar la tubería o ducto donde se ubicaran los alambres	1 oficial y 1 ayudante	96-240 <i>ml/jornada</i> depende del ducto, del tendido y el calibre del cable	2 ayudantes, supervisión ocasional de 1 oficial
		Tender los alambres desde el tablero hasta los aparatos terminales			
		Respetar código de colores			
		Identificar en el extremo que va al tablero, el número de circuito			
		Dejar en el extremo de cada aparato, ventaja entre 10 y 15 cm, y en el extremo del tablero, suficiente para la escuadra de los alambres dentro del mismo.			
		Solo alambrear los recintos cerrados o donde solicite el cliente por medio de memorando, asumiendo este el riesgo de hurto			
		En áreas típicas, el ingeniero deberá estar presente durante la alambrada del primer recinto típico, con el dato de las medidas de alambre utilizado podrá verificar las cantidades presupuestadas, programar y controlar en forma efectiva los despachos de alambre y actualizar modificaciones en planos.	1 ingeniero electricista	2 <i>visitas de obra /semana</i>	N.A.

Tabla 2. Rendimiento actividad: Alambrada

<b>Actividad</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tarea</b>	<b>Ejecuta</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Mejoraría</b>
Aparateada	General	Teniendo la caja alambreada, se monta y se realiza el conexionado del aparato terminal	1 oficial y 1 ayudante	25-50 aparato/jornada Depende del tipo de luminaria y la altura a instalar	1 oficial y 2 ayudantes entendidos
		Se verifica funcionamiento y posición del aparato			
		Solo aparatear los recintos que van a permanecer cerrados o con vigilancia o donde solicite el cliente por medio de memorando, asumiendo este el riesgo de hurto			

*Tabla 3. Rendimiento actividad: Aparateada*

<b>Actividad</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tarea</b>	<b>Ejecuta</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Mejoraría</b>
Tableros, gabinetes y s/e (equipos especiales)	Montaje de tableros y cajas	Verificar con el maestro de obra los niveles de piso acabado y la ubicación de tableros y cajas	1 oficial y 1 ayudante	32 ítems/jornada	N.A.
		Marcar el muro a cortar para tableros, desde el nivel de piso acabado a 1.8 m de altura (medido hasta donde quedará el centro del tablero)			
		Marcar el muro a cortar para caja telefónica, desde el nivel de piso acabado a 1.5 m de altura (medido hasta donde quedará el centro de la caja)			
		La altura para caja de paso, para citófono, tv y otros se definirán en obra con el cliente			
		Al colocar varias cajas o tableros contiguos, se deberán alinear por el borde superior			
		Cortar el muro con pulidora o canchar con almádana y cincel			
		Empotrar y fijar tablero o caja eléctrica o telefónica a muro			
	Subestación interna	Asegurar que por la subestación no habrá, ni atravesará ninguna otra tubería de cualquier servicio que no sea eléctrico	1 oficial y 1 ayudante	1,3 ítems/jornada	2 oficiales y 2 ayudantes
		Para gabinetes, celdas y transformadores, es necesario hacer un pedestal pequeño (mortero) sobre el cual reposarán y permitirán una fácil instalación y retiro de los mismos			
		Garantizar las distancias de seguridad y la delimitación de las mismas			
		Conectar efectivamente los equipos a la malla de puesta a tierra			

*Tabla 4. Rendimiento actividad: Tableros, gabinetes y s/e*