

ANÁLISIS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS
EN REDES DE SUMINISTRO DE GAS.

JOSE LUIS PEREZ ROJAS
SERGIO ANTONIO SANCHEZ CARDENAS



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018

ANÁLISIS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS
EN REDES DE SUMINISTRO DE GAS.

JOSE LUIS PEREZ ROJAS
SERGIO ANTONIO SANCHEZ CARDENAS

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA E INTERVENTORIA DE OBRAS CIVILES

DIRECTOR:
Ing. MSc JORGE MAURICIO RAMIREZ VELÁSQUEZ
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2018

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Principalmente a nuestras familias quienes han sido el soporte de apoyo por el cual continuamos creciendo en nuestro desarrollo personal y profesional pues cada día nos dan fuerzas para seguir prosperando

A nuestros amigos quienes nos brindan día a día deseos de alcanzar nuevas metas y siempre nos alientan con buenas energías para conseguirlas

A nuestros maestros y compañeros que nos acompañaron en este importante proceso de formación pues ha sido una experiencia enriquecedora tanto académica como personal

AGRADECIMIENTOS

A la universidad por abrirnos las puertas y hacernos parte de su familia, hacernos sentir bienvenidos y brindarnos las herramientas para adquirir las capacidades de afrontar nuevos emprendimientos en nuestros futuros

A todos los profesores que nos brindaron sus conocimientos y permiten la formación y el moldeamiento de nuestros pensamientos e ideas para transformarlas en herramientas útiles a la sociedad.

A la empresa contratista que nos dio la oportunidad de interferir en sus actividades de trabajo para realizar las observaciones en el desarrollo del proyecto

Al ingeniero Jorge Mauricio Ramírez Velásquez que nos brindó la asesoría necesaria direccionándonos con su conocimiento para lograr ésta meta y nos dio el ánimo sacarla adelante

A todos nuestros allegados puesto que cada persona es un eslabón que nos sostiene o un peldaño que lleva cada paso a la cima.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1) ANTECEDENES.....	3
2) JUSTIFICACIÓN.....	6
3) OBJETIVOS.....	7
3.1) OBJETIVO GENERAL	7
3.2) OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
4) MARCO TEÓRICO	8
4.1) FILOSOFÍA LEAN	8
4.1.1) Lean production.....	9
4.1.2) Lean construction.	9
4.1.3) Construcción sin pérdidas.	10
4.1.4) Factores que afectan la producción.....	22
4.1.5) Caracterización de pérdidas en proyectos de construcción de edificaciones.	24
4.1.6) Clasificación de las pérdidas en la construcción	25
4.1.7) Herramientas para la identificación y reducción de pérdidas	27
4.1.8) Contenido de trabajo de una actividad de construcción	27
4.1.9) Encuesta de detenciones y demoras.....	32
4.1.10) Encuesta de identificación de pérdidas	32
4.1.11) Sistema de planificación last planner (último planificador)	33
5) METODOLOGÍA.....	34
5.1) CARACTERIZACION DE PROCESOS.....	35
5.1.1) Reglamentación de instalaciones internas de gas	37

5.1.2) Generalidades	37
5.1.3) Requisitos de construcción de la instalación.	40
5.2) PROCESO CONSTRUCTIVO RED INTERNA DE GAS.....	45
5.2.1) Localización y replanteo	51
5.2.2) Apertura de regatas.....	52
5.2.3) Medición	53
5.2.4) Corte, roscado y ensamblado.....	54
5.2.5) Ubicación en sitio	56
5.2.6) Pruebas de hermeticidad.....	58
5.2.7) Tapado de regatas	61
6) ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	62
6.1) DISTRIBUCION DEL TIEMPO.....	63
6.2) TIEMPO NO CONTRIBUTIVO.....	64
6.3) TIEMPO CONTRIBUTIVO	65
7) IDENTIFICACIÓN DE BUENAS Y MALAS PRÁCTICAS	66
7.1) CONSTRUCTIVAS	66
7.2) REGLAMENTARIAS.....	67
7.3) PRODUCTIVAS	68
8) PLAN DE TRABAJO	72
8.1) Objetivos	72
8.2) Estrategias	72
8.3) Tareas.....	72
9) CONCLUSIONES	75
10) RECOMENDACIONES.....	77
11) BIBLIOGRAFÍA.....	78

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Uso adecuado de herramientas</i>	13
Ilustración 2. <i>Optimización de tiempo y recursos</i>	17
Ilustración 3. <i>Puntos de información</i>	18
Ilustración 4. <i>Optimización de espacio</i>	19
Ilustración 5. <i>Formato de medida y caracterización de actividades</i>	32
Ilustración 6. <i>Zona de trazado de instalaciones de tuberías embebidas</i>	42
Ilustración 7. <i>Formato de medida y caracterización de actividades</i>	43
Ilustración 8. <i>Distancias mínimas entre tuberías a la vista o embebidas</i>	44
Ilustración 9. <i>Instalación de redes internas en torres de apartamentos</i>	45
Ilustración 10. <i>Estados de avance en la construcción de las torres</i>	46
Ilustración 11. <i>Adecuación del lugar de trabajo</i>	51
Ilustración 12. <i>Regateo de los muros</i>	52
Ilustración 13. <i>Toma de medidas para corte de tuberías</i>	53
Ilustración 14. <i>Corte de la tubería con tronadora industrial</i>	54
Ilustración 15. <i>Elaboración del roscado de la tubería</i>	55
Ilustración 16. <i>Ensamblado de los accesorios en prensa de trípode</i>	55
Ilustración 17. <i>Transporte y Ubicación de la tubería</i>	56
Ilustración 18. <i>Fijación de la tubería en sitio</i>	57
Ilustración 19. <i>Manómetro para realización de prueba de hermeticidad</i>	59
Ilustración 20. <i>Acabados para tuberías embebidas</i>	61
Ilustración 21. <i>Espacio de trabajo cerrado</i>	71
Ilustración 22. <i>Espacio de trabajo cerrado</i>	75

GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Disminución de pérdidas en el tiempo</i>	14
Gráfico 2. <i>Distribución del tiempo en las actividades</i>	16
Gráfico 3. <i>Flujo de procesos de conversión</i>	24
Gráfico 4. <i>Distribución de los tiempos de trabajo en Colombia</i>	31
Gráfico 5. <i>Distribución de los tiempos de trabajo obtenidos</i>	63
Gráfico 6. <i>Causas del tiempo no contributivo</i>	64
Gráfico 7. <i>Causas del tiempo contributivo</i>	65

TABLAS

Tabla 1. <i>Categorías de tiempo contributivo</i>	28
Tabla 2. <i>Categorías de tiempo no contributivo</i>	29
Tabla 3. <i>Categorías de tiempo productivo</i>	35
Tabla 4. <i>Categorías de tiempo contributivo</i>	35
Tabla 5. <i>Categorías de tiempo no contributivo</i>	36
Tabla 6. <i>Distancias mínimas entre tuberías a la vista o embebidas</i>	44
Tabla 7. <i>Tabla de la probabilidad para distribución normal</i>	47
Tabla 8. <i>Tabla nivel de confianza</i>	48
Tabla 9. <i>Presiones para el ensayo de hermeticidad</i>	58
Tabla 10. <i>Tiempos obtenidos de la caracterización de actividades</i>	102
Tabla 11. <i>Tiempos obtenidos de actividades no contributivas</i>	104
Tabla 12. <i>Tiempos obtenidos de actividades contributivas</i>	105

ANEXOS

ANEXO A.....	81
ANEXO B.....	101
ANEXO C.	106

GLOSARIO

ACTIVIDADES DE CONVERSIÓN: procesos que transforman los flujos en productos

BENCHMARKING: practica de ser lo suficientemente humilde para admitir que alguien mas es mejor en algún aspecto, y lo suficientemente sabio para tratar de aprender a alcanzarlo y sobrepasarlo en dicho aspecto

BUITRÓN: espacio vacío hecho con muros que dan continuidad entre varios pisos de una edificación, por los cuales pasan las tuberías de los diferentes servicios.

CODOS: Uniones para la conexión de tubería que proporcionan una variación de la dirección a 90 grados.

CONSTRUCCIÓN: arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras, para lo cual se debe predisponer de un proyecto o planificación predeterminada

CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS: Es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).

CONTRATISTA: Persona responsable de cierta actividad constructiva cuya función es gestionar administrativamente el cumplimiento de las labores de los obreros dentro de la obra

CONSUMO DE MANO DE OBRA: Cantidad de recurso, expresado en horas – Hombre, empleado por una cuadrilla para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad construida.

CUADRILLA: Grupo de trabajadores que laboran en el mismo sitio de trabajo cuya función es realizar una determinada actividad constructiva.

CUELLO DE BOTELLA: Esperas generadas en la línea de producción debido a la suspensión de alguna actividad que afectan procesos que preceden a la misma.

EFICIENCIA: Razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

EFICACIA: Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido, es la medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados deseados en cantidad y calidad. Función del método, la técnica, la experiencia, los conocimientos, las aptitudes y actitudes.

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO: proceso que establece estándares, especificaciones y requisitos para determinar el grado de competencia con que se satisfacen necesidades y expectativas

EMPAQUE elemento elástico de determinadas características fisicoquímicas, que al ser comprimido entre dos piezas metálicas debe producir condiciones de hermeticidad al sistema.

FLUJOS: entradas al sistema que pueden dividirse en recursos (mano de obra, materiales, herramientas, equipos) e información

FUNDIR: Introducir el concreto para el recubrimiento de las respectivas mesas en el proceso de estructura.

LAST PLANNER: El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños.

MÁQUINA CORTADORA: también denominada pulidora, máquina utilizada para cortar la tubería metálica por medio de un disco.

MÁQUINA ROSCADORA: Máquina utilizada para ranurar y roscar tubería metálica.

MANÓMETRO: Dispositivo necesario para realizar las pruebas hidráulicas a los apartamentos.

MEDICIÓN DE DESEMPEÑO: proceso de recolección de datos y análisis de los mismos mediante parámetros establecidos

MORTERO: Material producto de la mezcla cemento, arena y agua utilizado en actividades constructivas.

MORTERO DE PISOS: Actividad constructiva de aplicar mortero sobre los pisos de los apartamentos para nivelar la superficie de los mismos.

NIPLES: Tubo de metal u otro material con rosca en sus dos extremos para unir dos tubos.

PÉRDIDAS: Aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra

PRENSA: Máquina utilizada para fijar la tubería metálica y mantener la estabilidad mientras se ubican otros elementos adicionales mediante uniones.

PROCESO: Es un conjunto de actividades o eventos, coordinados u organizados, que se realizan suceden de forma alternativa o simultánea, con un fin determinado.

PROCESO PRODUCTIVO: Consiste en transformar entradas (insumos) en salidas, (bienes y/o servicios) por medio del uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, etc.

PRODUCTIVIDAD: Es genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.

PRODUCCION: Cuando la retribución a los trabajadores es sobre la producción que realizan, se debe controlar el trabajo que llevan a cabo para valorar el rendimiento de cada individuo y ver si es el adecuado.

PRODUCTOS: resultados de las conversiones

PRUEBA DE HERMETICIDAD: Pruebas realizadas a las tuberías por medio de presión de aire con el fin de encontrar fugas.

PRUEBA DE LOS CINCO MINUTOS: toma de datos en las actividades realizadas en periodos de 5 minutos con el fin de clasificar las actividades productivas, contributivas y no contributivas

RANURAR: Realizar ranuras en un tubo con el fin de crear roscas para conectar uniones.

RAYAR: Generar cortes o marcas con la pulidora al muro de mampostería para la instalación de la tubería.

RED INTERNA: es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio de gas al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquél sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

TRAZADO: recorrido de un sistema de tuberías para suministro de gas dentro o fuera de una edificación.

TEFLÓN: Material similar al polietileno muy flexible que se usa para evitar las fugas en las uniones entre tuberías por medio de las roscas.

TIEMPO CONTRIBUTIVO: Es el tiempo que se utiliza para realizar actividades de apoyo que no generan ningún valor agregado al proyecto, pero que son necesarias para la ejecución de las actividades productivas.

TIEMPO NO CONTRIBUTIVO: Es cualquier otra actividad que requiere tiempo pero que no es de apoyo y no genera valor agregado a las actividades del proyecto.

TIEMPO PRODUCTIVO: Es el tiempo utilizado por parte de los trabajadores con el fin de realizar actividades que generen valor al proyecto.

TUBERÍA EMBEBIDA: tubería incrustada en una edificación cuyo acceso sólo puede lograrse mediante la remoción de parte de los muros o pisos del inmueble.

UNION: Accesorio que se utiliza para conectar dos o tres tramos de tubería permitiendo continuidad de flujo permitiendo variaciones en su dirección.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN REDES DE SUMINISTRO DE GAS

AUTOR(ES): JOSE LUIS PEREZ ROJAS
SERGIO ANTONIO SANCHEZ CARDENAS

PROGRAMA: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR(A): Ing. MSc JORGE MAURICIO RAMIREZ VELÁSQUEZ

RESUMEN

Uno de los mayores inconvenientes que se presentan en la industria de la construcción es el control de los rendimientos y optimización de los procesos constructivos al momento de ejecutar los proyectos por lo cual se han venido realizando diversos estudios para controlar y reducir los tiempos de ejecución de las actividades a realizarse sin que con ello se afecte la calidad de las obras; Ésta investigación surge frente a la necesidad de optimización en los procesos de instalación de redes de gas, para lo cual se utiliza la filosofía Lean Construction utilizando la medición de los cinco minutos según la metodología: construcción sin pérdidas, para ello se analizó el proceso constructivo en la instalación interna de redes de gas en un conjunto de apartamentos, caracterizando las actividades como productivas, contributivas y no contributivas por medio de formatos de medición establecidos con el fin de identificar las actividades que no generan ningún valor y proponer recomendaciones para su eliminación o reducción

PALABRAS CLAVES:

CONSTRUCCION SIN PERDIDAS LEAN PRODUCCION CONTRIBUTIVO
PRODUCTIVO MEDICION CINCO MINUTOS

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS OF THE PRODUCTIVITY OF CONSTRUCTION PROCESSES IN GAS SUPPLY NETWORKS

AUTHOR(S): JOSE LUIS PEREZ ROJAS
SERGIO ANTONIO SANCHEZ CARDENAS

FACULTY: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR: Ing. MSc JORGE MAURICIO RAMIREZ VELÁSQUEZ

ABSTRACT

One of the biggest problems that arise in the construction industry is the control of the performance and optimization of the construction processes at the time of executing the projects, which is why various studies have been carried out to control and reduce the execution times of the activities to be carried out without affecting the quality of the works; This research arises in the face of the need for optimization in gas network installation processes, for which we will use the Lean Construction philosophy using the five-minute measurement according to the methodology: construction without losses, for which the construction process was analyzed. The internal installation of gas networks in a group of apartments, characterizing the activities as productive, contributory and non-contributory by means of measurement formats established in order to identify activities that do not generate any value and propose recommendations for their elimination or reduction

KEY WORDS:

CONSTRUCTION WITHOUT LOSSES LEAN PRODUCTION CONTRIBUTIVE
PRODUCTION MEASUREMENT FIVE MINUTES

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Basándose en los parámetros del mercado y los ámbitos administrativos, el fin de cada proyecto es obtener los mejores beneficios económicos considerando que de ellos dependen la estabilidad de las empresas y el desarrollo de nuevos proyectos, para lo cual es indispensable plantearse líneas de planeación financiera, reduciendo los gastos innecesarios y controlando los gastos excesivos sin que por medio de ello afecte la calidad, con todo esto lo ideal es hacer análisis a un patrón intrínseco en todas las actividades lo cual se reduce a “el tiempo” en efecto como dice el dicho “el tiempo es oro”, se valora como el mayor recurso por administrar en cada proyecto que se realice.

En la actualidad se están implementando procesos de optimización para las actividades con procesos productivos en la construcción en los cuales se busca disminuir los tiempos de ejecución y mejorar la calidad del producto terminado, por lo cual se hace indispensable sistematizar los procesos para tener control sobre los rendimientos generados, para ello, se realizan procesos de observación, toma de datos y análisis de los resultados y de ésta manera hacer una evaluación detallada en los diferentes pasos constructivos para determinar la manera en que éstos procesos pueden generar mejores rendimientos

La implementación se ha dado debido a que en muchas ocasiones la realización de estos procesos se ha adquirido de manera empírica en los cuales depende de la capacidad técnica que hayan adquirido los obreros a través del tiempo en determinada labor por lo que puede variar dependiendo de cada persona y cada empresa, lo cual dificulta su medición y supervisión

Por estos motivos en este documento analizamos un proceso constructivo y evaluamos la medición de los 5 minutos según la metodología: “construcción sin pérdidas”, basada en la filosofía de Lean Construction con la finalidad de

reconocer los diferentes factores que se pueden modificar para de ésta manera identificar en dónde se encuentran los mayores generadores de perdida y generar algunas pautas para minimizarlos o eliminarlos.

1) ANTECEDENES

En el área de la construcción, el inconveniente constante que se presenta continuamente a través del paso del tiempo es principalmente el cumplimiento de los plazos en las entregas, considerando que cada proyecto presenta inconvenientes particulares que van surgiendo debido a factores imprevistos o no planificados que afectan en cuanto al control de pérdidas y desperdicios, debido a la práctica constante de técnicas tradicionales y empíricas usadas en los procesos productivos y constructivos a pesar de ser aún ineficientes, son transmitidos de una generación a otra; Por tales motivos en la actualidad se ve la necesidad de evaluar los procesos por medio de análisis de procesos productivos, para tratar de mitigar éstas deficiencias, mejorar la productividad, disminuir los costos y aumentar la calidad. (BOTERO BOTERO, Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas), Segunda edición 2006)

Una de las investigaciones que han tenido cabida en el tema de optimización y reducción de costos en las redes de suministro de gas natural, es la investigación “Pre-procesamiento de un problema de optimización de redes de gas natural” se basa en el problema del aumento del costo de transporte del gas natural, debido a que al producirse tanta fricción entre el fluido y las paredes internas de la tubería son necesarias estaciones compresoras que consumen entre el 3 y el 5% del gas que transportan, en el trabajo se utilizan herramientas informáticas para la optimización del transporte de gas natural. (VILLALOBOS MORALES, 2002)

Otra investigación relacionada a la optimización en el mundo del gas natural titulada “Mejorando la calidad de los métodos de solución para redes cíclicas de transporte de gas natural mediante técnicas de optimización” en la cual se ilustra un método de solución basado en técnicas avanzadas de optimización que puede emplearse para mejorar la operación de las redes de transporte de gas natural. (BORRAZ SÁNCHEZ & RÍOS MERCADO, 2009)

En el presente trabajo se pretende proponer alternativas que permitan optimizar los procesos referentes a la temática de la instalación de redes internas de gas natural, en las investigaciones anteriores se puede notar el direccionamiento a la optimización en cuestión de operación, mientras que en la presente se pretende ahondar más en el proceso constructivo analizando las buenas y malas prácticas para poder hacer algunas recomendaciones que reduzcan el precio y el tiempo del proyecto, por lo cual se basa en estudios realizados enfocados en las metodologías Lean en el control de procesos de la construcción.

El objetivo del trabajo de grado “Mejoramiento de la productividad en la obra Tayrona de urbana S.A. basado en la filosofía lean Construction, es presentar las actividades ejecutadas durante la práctica el planteamiento de los objetivos planteados inicialmente en Lean Construction en la obra Tayrona de la Constructora Urbana s.a.” mediante el uso de técnicas de mejoramiento de procesos como el análisis y estudios de rendimientos de mano de obra y la aplicación del sistema el ultimo planificador. (PINTO VEGA, 2010)

El objetivo del este proyecto “Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean Construction en una empresa del sector construcción” se basa en la problemática actual en la industria de la construcción en Colombia y el deseo de mejorar cada vez los procesos de producción y poder disminuir la variabilidad de las actividades que se van a ejecutar se toma como base la filosofía de producción Lean Construction y la herramienta del Last Planner que se define como un flujo de información de recursos desde la materia prima hasta la entrega del producto final. Los sistemas de gestión tradicionales carecen de un sistema que permita predecir con exactitud si se cumplirá con las fechas establecidas desde el inicio del proyecto. (SARMIENTO CUBAQUE, 2014)

En la práctica empresarial “Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, tiene por objetivo evaluar la efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aportado (lean Construction)” es que mediante la aplicación de la filosofía de lean Construction se ve el mejoramiento de las actividades así como también la planeación de estas misma evitando cuellos de botellas y una mejor logística de obra brindado siempre el beneficio de administrar adecuadamente las tareas y los recursos utilizados, para reducir los desperdicios y las pérdidas en el proceso, con el fin de facilitar el cumplimiento de los plazos establecidos y aumentar las utilidades finales del proyecto en la implementación de la filosofía (DELGADO ORDUZ, 2007)

2) JUSTIFICACIÓN

En la industria de la construcción de redes internas de gas se ve una necesidad de investigación en cuanto a los procesos constructivos y la implementación de nuevas tecnologías, a causa de que con el pasar del tiempo se ha continuado con los procedimientos basados simplemente por la experiencia.

En los procesos constructivos se presentan actividades que pueden ser mejoradas en su rendimiento por medio de optimización de tiempos, de costo y de calidad a valorar en cuanto a la producción y mejoramiento tanto en los procesos planeación como de ejecución. En algunos casos se presentan algunas actividades que se pueden comparar de cierta manera con los procesos industriales debido a que se realizan procedimientos repetitivos y consecutivos lo que facilita su evaluación, por lo tanto se les puede hacer un seguimiento continuo para establecer planes de mejoramiento periódico con el fin de cumplir los objetivos propuestos de la manera más eficiente posible.

En el caso de la instalación de redes de suministro de gas la optimización en el uso de los materiales por desperdicios no es tan evidente teniendo en cuenta que el proceso constructivo se realiza con las mismas cantidades de obra sin disminuir su calidad. Por otra parte la producción en la instalación de redes de gas está directamente relacionada con el tiempo, de manera que al ejecutar la obra optimizando rendimientos en las actividades se reduce la mano de obra y los costos por manejo de herramientas de construcción.

Se puede mejorar considerablemente la producción mediante la identificación de actividades más relevantes a la índole de la obra y buscar enfocarse en su rendimiento en las actividades que generen valor agregado

3) OBJETIVOS

3.1) OBJETIVO GENERAL

Analizar los procesos constructivos en redes de gas para establecer alternativas que puedan mejorar la productividad.

3.2) OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la estructuración y análisis de los procesos constructivos requeridos para la instalación de redes de gas con el fin de identificar y registrar el comportamiento y desarrollo estándar de los procesos realizados en dichas obras.
- Realizar la evaluación en un proceso constructivo de redes internas de gas según la medición de los 5 minutos presentada en la metodología de la construcción sin pérdidas
- Identificar las buenas y malas prácticas que se producen en la forma en que se lleva a cabo la ejecución normal en los procesos de instalación.
- Proponer un plan para mejorar el rendimiento en los procesos constructivos de las redes de gas

4) MARCO TEÓRICO

4.1) FILOSOFÍA LEAN

Busca maximizar el valor del producto mediante la minimización de la pérdidas, tiene su origen en los años 40's en el sistema de producción de Toyota, que se basaba en la eliminación de siete causales de perdidas principales: Sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos y defectos (KOSKELA, 1992)

Uno de sus principales promotores es el Doctor Lauri Koskela quien en los años 90's sistematiza los conceptos más avanzados de la administración como el Benchmarking, mejoramiento continuo, justo a tiempo. Entre otros

El término Lean fue concebido por un grupo de investigadores que se encontraban trabajando en auto producción internacional, para mostrar reducciones de pérdidas en el sistema de producción de Toyota y desarrollarlo en el sistema de producción en masa

EL sistema Lean se diferencia del sistema tradicional por éstos aspectos:

Existen objetivos claros a cumplir como los plazos de entrega

Integra la participación del cliente en un nivel dentro del proyecto

Aplica los conceptos de control de la producción al desarrollo del proyecto

4.1.1) Lean production.

Desarrollado en Toyota por el ingeniero Ohno dedicado a la eliminación de pérdidas para la compañía, Ohno continuó con el trabajo de Henry Ford en el que había una demanda ilimitada de carros estándar, quería producir carros bajo pedido de los clientes, para lo cual desarrolló un sistema de producción: producir un carro para las necesidades de los clientes específicos, entrega inmediata, no mantener inventarios, ni concesionarios intermediarios.

Buscando la perfección en la producción disminuyendo los desperdicios a cero lo que implicaba un cambio en el objetivo principal que se centraba en la actividad para centrarse en el sistema de entregas, debido a la experiencia adquirida observando sistemas de producción americanos en los que noto el desperdicio de sobreproducción al producir una gran cantidad de productos, necesita igualmente una gran cantidad de tiempo en las reparaciones de la maquinaria, además de que una buena cantidad de los carros provenientes de largas producciones presentaban defectos significativos, Ohno diseñó un sistema de multidimensionamiento dirigido a la perfección, previniendo la subutilización y promoviendo el continuo aprendizaje

El sistema de Lean production se logró disminuyendo a cero los desperdicios y almacenamientos, lo que implicaba una coordinación correcta de los inventarios de partes y procesos de los carros, generando enorme satisfacción de los clientes y precios competitivos

4.1.2) Lean construction.

Parte del sistema Lean Production como sistema principal, éste sistema se centra en la producción en masa optimizando el proyecto en cada actividad, dando

como prioridad atención al valor identificado por el cliente, el sistema se enfoca en la fragmentación del proyecto en piezas, estimando el tiempo y recursos utilizado, responsabilizando y controlando cada actividad para posteriormente ensamblarlo y generar un producto de mayor valor.

4.1.3) Construcción sin pérdidas.

Las ideas de éste sistema de producción surgieron en Japón en el decenio del 50 y su mayor aplicación se encuentra en la empresa Toyota, cuyas ideas básicas consisten en la eliminación de los inventarios a través de pequeños lotes de producción, reducción de los tiempos de ciclo, trabajo en grupo con los proveedores producción automatizada, evolucionando a un enfoque más amplio desde el control estadístico de la calidad hasta sistemas de aseguramiento y gestión de la calidad. (BOTERO BOTERO, 2006)

A principios de los 80 llegó a Occidente y algunas aplicaciones en fábricas Americanas y europeas principalmente en la industria automotriz a partir de 1975, a comienzos de los 90 se introdujo un nuevo sistema de producción tomando los nombres de: manufactura de clase mundial, lean production, nuevo sistema de producción, ingeniería concurrente, competición basada en el tiempo, justo a tiempo, reingeniería de procesos, los cuales tienen gran impacto en el sistema de producción actualmente

Posteriormente en 1992 el académico finlandés Lauri Koskela, en su estudio "Application of the new production Philosophy to construction" identifica que las nuevas tendencias concebían la producción y sus operaciones como procesos

4.1.3.1) Bases conceptuales.

En el modelo tradicional de producción, las industrias se enfocaron en las conversiones, las cuales se basa en la transformación en de las entradas: materiales, mano de obra e información hacia las salidas como productos terminados

La producción puede dividirse en subprocesos los cuales también son conversiones

El costo de la producción puede rebajarse, minimizando el costo de cada subproceso

El valor del producto final está asociado con los costos de las entradas

En el nuevo modelo conceptual de producción surgen modelos como: justo a tiempo y el modelo de calidad

Según koskela, la producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final, en éste flujo, el material es procesado, inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado.

El proceso de producción Lean Production además de las conversiones también establece los flujos como procesos productivos en el cuál las actividades de conversión agregan valor al producto final, modificando su costo, tiempo y valor

Los clientes son al final del proceso quienes dan el concepto de valor a su satisfacción por consiguiente son los cuales evalúan la transformación de sus materias primas en sus productos requeridos

Además de ser usado en el sistema de producción de la construcción, se usa en éste flujo en la parte administrativa como flujo de trabajo en el cual se evalúa el desempeño en el cual se realiza una operación.

Al final el objetivo buscado se centra en hacer más eficientes las actividades de transformación que generen valor minimizando las actividades que no lo generen

4.1.3.2) Principios para el mejoramiento del proceso de producción

a) Reducir o eliminar las actividades que no generen valor.

Con la experiencia se han determinado algunos porcentajes que varían entre el 80% y el 90% logrando en algunas ocasiones el 95% por lo que se establece como un principio fundamental para el mejoramiento de los procesos

Estos factores se pueden reducir no solamente mejorando las actividades de conversión sino eliminando algunas actividades de flujo que no sean esenciales para la eficiencia global de los procesos, como por ejemplo el control de calidad, el entrenamiento de la mano de obra, la seguridad, etc.

Para ello es primordial determinar las actividades de flujo para establecer cuáles pueden ser controladas o eliminadas.

Este principio se observa de mejor forma en el transporte de materiales, usando los dispositivos adecuados

Ilustración 1. *Uso adecuado de herramientas*



Fuente: Internet

b) Incrementar el valor del producto.

Este se resume a los requisitos del cliente mas no por las transformaciones del producto, por lo cual es necesario evaluar el tipo de cliente e identificar sus requerimientos, para ello se debe disponer en forma sistemática los datos que ayuden a relacionar sus preferencias, los datos se pueden obtener con estudios alternos como investigaciones de mercado para evaluar la disponibilidad de la materia, evaluaciones post ocupación de proyectos entregados para evaluar la calidad, la cual será proyectada desde el inicio hasta el final del proyecto.

Se pueden evaluar como clientes internos a las cuadrillas sucesoras de las actividades que complementen una actividad, por ejemplo, una cuadrilla que realice una estructura debe tener en cuenta las tolerancia permisibles para que la siguiente cuadrilla de mampostería no tenga inconvenientes, éstas cuadrillas deberían comunicarse entre si y proyectar los posibles inconvenientes que se puedan presentar

c) Reducir la variabilidad.

Un producto, así se realice con la misma materia prima y mano de obra puede presentar diferencias en su producto terminado, por lo cual es necesario establecer un sistema de calidad desde la óptica del cliente , un producto uniforme es mejor; éstas variaciones incrementan la duración de las actividades y no agregan valor principalmente porque:

Causa un desequilibrio entre las cuadrillas debido a retrasos, corrección de actividades, Reprocesos e interrupción en la continuidad del trabajo

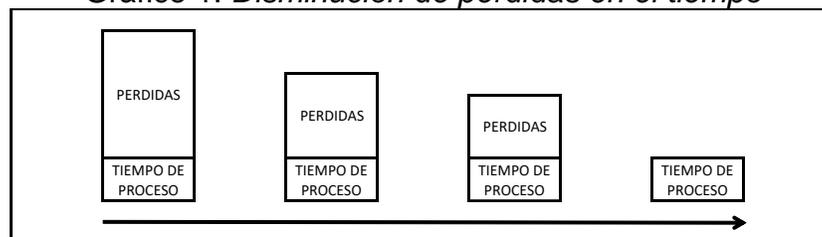
Rechazo de productos generando Reprocesos

En los procesos de construcción se presenta mucha variabilidad debido a sus características y cualidades únicas de cada actividad y su ritmo es controlado por el hombre por lo cual por medio de la normalización de los procesos, se puede eliminar solo una parte.

d) Reducir el tiempo de ciclo.

Resulta de la sumatoria del tiempo de las conversiones adicionada al los tiempos de espera, inspección y transportes, éste tiempo de ciclo se logra disminuir mediante la reducción de actividades que no agregan valor

Gráfico 1. *Disminución de pérdidas en el tiempo*



Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 1a edición 2004.

La reducción del tiempo de ciclo presenta además las siguientes ventajas:

- **Entrega más rápida al cliente.** Ejecutar lo más rápido posible un pequeño conjunto de unidades las cuales generalmente reducen los costos financieros del proyecto
- **Facilidad en la gestión de procesos.** El control se facilita si se reduce el número de actividades en proceso
- **Aumento del efecto del aprendizaje.** En menores lotes se pueden identificar más fácilmente las fallas en los procesos y actividades los cuales pueden ser corregidos en los siguientes lotes
- **Mayor precisión en el estimativo de la demanda futura.** Con lotes pequeños se analiza la demanda estimada del producto y genera estabilidad en el sistema de producción
- **El sistema de producción es menos vulnerable a cambios de la demanda.** Al disminuir el tiempo del ciclo sin elevar los costos, el sistema de producción se puede ampliar para atender mayores demandas.

La implementación de este principio permite:

Eliminación de actividades de flujo que hacen parte del ciclo de producción

Concentración de esfuerzo de producción en un menor número de unidades a través de la planificación y control de la calidad

Cambios en las relaciones de precedencia de las actividades, eliminando interdependencias entre las mismas para que puedan ejecutarse en paralelo

Gráfico 2. Distribución del tiempo en las actividades

	Nombre de la tarea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ETAPA A											
2	ETAPA B											
3	ETAPA A											
4	ETAPA B											

	Nombre de la tarea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ETAPA A											
2	ETAPA B											
3	ETAPA A											
4	ETAPA B											

Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 1a edición 2004

e) *Simplificar por medio de la minimización del número de pasos y partes.*

Al evaluar los costos de los procesos individuales para la realización de un producto, el resultado es mayor que si se analizan los costos dicho producto de manera general, por ésta razón, mientras mayor sean los pasos para su desarrollo, aparecerán mayores actividades que no generan valor en los procesos realizados para cada actividad, por ejemplo: los transportes, armado de andamios, limpieza, etc.), además la variabilidad entre los equipos de trabajo es otro factor intrínseco en cada actividad que puede generar retrasos que no se pueden observar en el producto final

En la construcción, los elementos prefabricados reducen considerablemente el número de pasos o procesos, evitando actividades que no generan valor e interferencia de trabajos

Ilustración 2. *Optimización de tiempo y recursos*



Fuente: Internet

f) Incrementar la flexibilidad de la producción.

Es necesario generar diseños modulares, estandarizar piezas y partes del producto y utilizar cuadrillas que se adapten al nuevo modelo de producción sin aumentar en mayor cantidad los costos de producción permitiendo un aumento en la flexibilidad de la producción, mediante las siguientes instancias:

Reducción de tiempo de ciclo

Cuadrillas multifuncionales adaptables a las variaciones de demanda

Procesos constructivos estandarizados de calidad

g) Incrementar la transparencia del proceso.

Con el entendimiento del proceso de producción por parte de los empleados, los problemas serán identificados fácilmente, además la información estará disponible para su asimilación, las formas para aumentar su transparencia en los procesos:

Uso de elementos de información como carteleras

Cuadro de consulta de indicadores de desempeño, proveedores y subcontratistas

Ilustración 3. *Puntos de información*



Fuente: Internet

h) Enfocar el control al proceso completo

Según Shingo (1988), primero debe realizarse mejoras en los procesos para luego realizarse en las operaciones para centrar la atención en un control global del proceso, para lo que se necesitan mediciones del proceso completo realizado por personal con autoridad, de ésta forma el mejoramiento que se puede percibir en el proceso puede generar los siguientes beneficios:

Reducción de costos de carga y descarga de material, dado que no se entrega individual sino en paquetes

Reducción de desperdicios, ya que se disminuye el riesgo de pérdidas individuales

Reducción de espacio de almacenamiento

Ilustración 4. *Optimización de espacio*



Fuente: Internet

i) Mejorar continuamente en el proceso

Se debe estar en la continua búsqueda de medidas para reducir o eliminar las pérdidas y aumentar el valor, por lo cual se deben implementar las siguientes acciones:

Mejorar las mediciones

Estandarizar los procedimientos

Controlar los procesos

Crear cultura de mejoramiento

j) Balancear el mejoramiento de los flujos y conversiones

Se recomienda introducir mejoras en los flujos al inicio de los programas de mejoramiento para obtener un mayor impacto y una menor inversión, en consecuencia una mejor administración de los flujos facilita la introducción de nuevas tecnologías y disminuye las necesidades de mayor producción en las actividades de conversión, lo que hace necesario un equilibrio entre ambas

actividades; ara lograrlo se deben tener conciencia entre dos frentes, uno relacionado con el mejoramiento continuo y otro encargado de identificar las innovaciones tecnológicas que se puedan adoptar al proceso.

k) Referenciar (benchmarking)

En una empresa, su mejor indicador será su competitividad, siendo ésta el resultado en el uso de buenas prácticas y un continuo esfuerzo por mejorar cada día, para alcanzarlo se deben analizar los siguientes pasos a seguir:

Reconocer los procesos que se desarrollan en la empresa
Identificar las buenas prácticas usadas en otras empresas
Entender los principios que generan esas buenas prácticas
Adoptar las buenas prácticas en los procesos de la empresa

4.1.3.3) Implementación de la filosofía lean production

Las barreras para su implementación se generan principalmente por el arraigo que se tiene a las culturas de producción tradicional enfocado en los sistemas de planeación y control, para implementar este nuevo concepto se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

a) Compromiso de la gerencia

Se debe tener una participación activa y liderazgo de las directivas, quienes deben entender y creer en la nueva filosofía, además de procurar una correcta comunicación entre los diferentes puntos estructurales de la organización

b) Medición y desempeño del mejoramiento

Crear indicadores del desempeño de la producción, mediciones de pérdida, tiempos de ciclo, variabilidad y valor de los procesos para realizar un control continuo lo cual evaluado positivamente, incentiva los empleados en el mejoramiento

c) Aprendizaje

Realizar proyectos piloto en una menor escala para evaluar la información, comparar y mejorar estos procesos para transmitirlos y aplicarlos a mayor escala

4.1.3.4) Medición del desempeño en los proyectos de construcción

La aplicación de nuevos conceptos como el Lean Construction requiere medidas como la identificación de pérdidas, valor, tiempo de ciclo y variabilidad, con la implementación del sistema de gestión de la calidad, además se evalúa la productividad, seguridad, tiempo y calidad; según Sink (1985) se incluyen 7 elementos:

- Efectividad
- Eficiencia
- Calidad
- Productividad
- Innovación
- Rentabilidad
- Calidad de vida laboral

a) Características y utilidad del proceso de medición de desempeño

Es importante determinar los parámetros para la medición y evaluación del desempeño basado principalmente en las necesidades del cliente, la utilidad en la medición se puede aplicar a los aspectos del proceso gerencial:

- Visibilidad de los procesos de la empresa
- Control de procesos
- Mejoramiento continuo
- Participación de los empleados

Estos factores de medición permiten a los gerentes del proyecto, tomar decisiones importantes a la hora de hacer las modificaciones, por lo cual son instrumentos de control y mejoramiento en el rendimiento

4.1.4) Factores que afectan la producción

4.1.4.1) Pérdidas en la producción

Todo lo que sea distinto a los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas, y mano de obra necesarios para agregar valor al producto

Causas de pérdida

a) *Diseño:*

Falla la ingeniería de diseño la cual se deriva de la etapa de planeación y se refleja en la etapa de ejecución

b) Administración:

Algunos factores que provocan estas deficiencias son:

- falta de elementos de supervisión sobre los obreros
- problemas de comunicación entre las partes involucradas
- falta de personal capacitado y adecuado
- falta en la prevención y planeación

c) Trabajo inadecuado:

Ocasiona deficiencias como:

- Cuadrillas sobredimensionadas
- Tecnologías inapropiadas
- Falta de evaluación de alternativas eficientes
- Falta de evaluación de errores en experiencias anteriores

d) Recurso humano

Los avances al rendimiento de la construcción se encuentran limitados por los factores:

- Falta de capacitación del personal
- Adecuación del lugar de trabajo
- Falta de motivación del personal por medio de incentivos

e) Seguridad

Se originan por falta de implementación al sistema de seguridad en el trabajo y ambiente adecuado a los requerimientos de protección de los trabajadores, lo que permite generar accidentes y disminuye la productividad de la obra

f) *Sistemas de control*

- No se mide la productividad
- Falta de información necesaria
- Falta de identificación de responsabilidades
- Falta de control de presupuesto

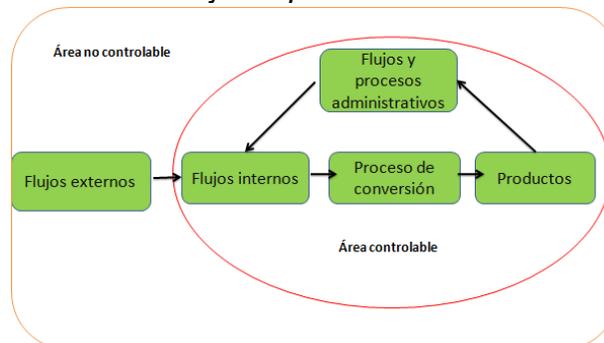
g) *Organización de trabajadores y capacitaciones*

- Recursos insuficientes
- Recursos no disponibles
- Falta de administración de almacenamiento e inventario
- Falta de control de los recursos
- Falta de control en el funcionamiento de los equipos
- Falta de control de flujo en los almacenes

4.1.5) Caracterización de pérdidas en proyectos de construcción de edificaciones.

Algunos elementos que no son controlables en el sistema de construcción son:

Gráfico 3. *Flujo de procesos de conversión*



Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 2a edición 2006

- Regulación de flujo de recursos e información
- Diseño del método de trabajo
- Seguimiento y control de las actividades del sistema

4.1.6) Clasificación de las pérdidas en la construcción

4.1.6.1) Inactividad de trabajo:

- a) *Tiempo de espera*
- b) *Tiempo ocioso*
- c) *Desplazamientos*
- d) *Descanso*
- e) *Necesidades fisiológicas*
- f) *Trabajo Ineficaz*
- g) *Reprocesos*
- h) *Trabajo lento*

4.1.6.2) Clasificación de las causas de pérdidas en la construcción

a) Controlables

- **Recurso**
 - Materiales: falta de él o mala distribución en la obra
 - Equipos: no disponible, mal funcionamiento o inadecuado para la labor
 - Mano de obra: actitud del trabajador
- **Información**
 - Falta, pobre calidad o en tiempo inadecuado

b) Conversiones

➤ Método:

- Diseño deficiente de las cuadrillas de trabajo
- Procedimientos inadecuados
- Soporte inadecuado de las actividades de trabajo

➤ Planeación:

- Falta de áreas de trabajo
- Superpoblación de trabajadores
- Malas condiciones de trabajo

➤ Calidad:

- Falta de calidad en la ejecución del trabajo
- Daños ocasionales al producto terminado

c) Administración

➤ Proceso de toma de decisiones:

- Distribución del personal
- Disposición de instalaciones provisionales

➤ Supervisión:

- Falta o inadecuada supervisión a los trabajadores, procesos y productos

d) No controlables

Se debe principalmente a proveedores, diseñadores, condiciones climáticas y festividades

- Fallas en flujos externos
- Causas externas

4.1.7) Herramientas para la identificación y reducción de pérdidas

Se establecen algunas técnicas como el muestreo de trabajo, encuestas de demoras y cartas de balance de cuadrillas, para medir la productividad e identificar las causas de pérdidas en la construcción

- **Visibilidad:** facilita la evaluación de la eficiencia en relación a los recursos utilizados, para obtener las fortalezas y debilidades del sistema
- **Control:** Se establecen indicadores de desempeño con relación a las pérdidas para definir estándares en sus procesos
- **Mejoramiento:** por medio de los indicadores obtenidos se establecen nuevas metas, además se puede obtener por medio de Benchmarking
- **Motivación:** Implementar acciones de mejoramiento que permita a los participantes del sistema de producción retroalimentar su desempeño para alcanzar las nuevas metas de producción

4.1.8) Contenido de trabajo de una actividad de construcción

a) Trabajo Productivo (TP)

Tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Por ejemplo, colocación de armadura de refuerzo y el vaciado de concreto en algún elemento estructural, la pegada de ladrillos en un muro, etc.

b) Trabajo Contributivo (TC)

Tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas, por ejemplo: limpieza de superficies, mediciones, transporte de materiales, armado de plataformas y andamios para trabajo en alturas y seguridad industrial

Tabla 1. *Categorías de tiempo contributivo*

CATEGORIAS TIEMPO CONTRIBUTIVO
Transporte
Recibiendo instrucciones
Realizando mediciones
Realizando limpieza
Preparando mezclas, materiales y superficies
Andamios, elementos de seguridad
Desplazamientos
Otros

Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 2a edición 2006

c) Trabajo No Contributivo (TNC)

Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifican en las anteriores categorías; por lo tanto se considera pérdida. Por ejemplo, tiempo ocioso, Reprocesos y descansos.

Tabla 2. *Categorías de tiempo no contributivo*

CATEGORIAS	CAUSA
Espera	Falta de equipo o herramienta Falta de materiales Superpoblación Actividad previa sin terminar Falta de continuidad Cambio de mezcladora o mixer Falta de instrucción Otros
Tiempo Ocioso	Actitud del trabajador Tomando decisiones Superpoblación Falta de supervisión Conversando Otros
Desplazamientos	Falta de recursos Falta de supervisión Superpoblación Pobres condiciones de trabajo Actividad previa sin terminar Otros
Descanso	Agotamiento
Necesidades fisiológicas	Hidratación Aseo personal Ir al baño Otros
Reprocesos	Trabajo mal ejecutado Daños por cuadrillas anteriores Falta de planeación

	Cambio de planos
Transporte	Mala distribución de recursos Falta de equipo o herramienta Métodos inadecuados Otros

Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 2a edición 2006

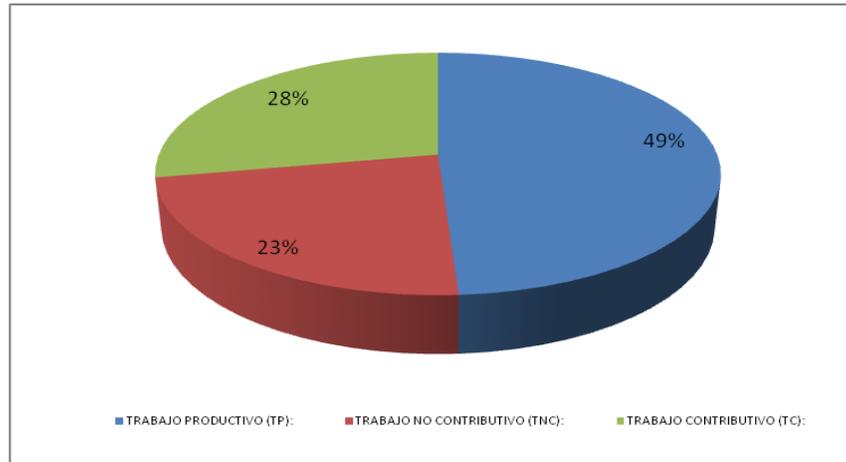
Evaluando los tiempos empleados en cada actividad, podemos categorizar las causas de pérdida y sus recurrencias, para buscar la eficiencia en el trabajo minimizando el tiempo contributivo y eliminando el tiempo no contributivo

Para ello se realiza una consecución de datos para ser analizados los cuales se toman mediante muestras representativas en obra bajo parámetros normales de trabajo sin que la supervisión afecte el rendimiento normal del sistema de producción

4.1.8.2) Distribución general de trabajo

En varias obras colombianas se ha realizado un seguimiento continuo de sus índices de trabajo, lo cual ha permitido establecer un conjunto de valores que constituyen una meta general para las obras. Estos son:

Gráfico 4. *Distribución de los tiempos de trabajo en Colombia*



Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 2a edición 2006

4.1.8.3) Muestreo de trabajo

Es una medición indirecta de la productividad que utilizada continuamente puede identificar problemas en el sistema de producción y su posterior intervención en el método de trabajo permite su corrección , consiste en realizar numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio normal de trabajo y la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales esas mediciones, al conocer la distribución de tiempo empleado en cada actividad permitirá la reducción de costos.

Para la identificación de las pérdidas en la construcción se realizarán las mediciones aplicando la prueba de los cinco minutos la cual consiste en la observación de las actividades que esté desarrollando un trabajador por tiempos de cinco minutos para determinar el porcentaje de tiempo destinado a labores y caracterizarlas en actividades productivas, contributivas y no contributivas, para lo cual se desarrollo un formato por medio del cual se definen las actividades a ejecutar basados en la previa caracterización, el cual se muestra en la Ilustración

Ilustración 5. *Formato de medida y caracterización de actividades*

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO PRUEBA DE RONDA					
EMPRESA :			OBRA:		
ENCUESTADOR:			FECHA:	DIA SEMANA:	
ACTIVIDAD	C.TOTAL	HORA	ACTIVIDAD	C.TOTAL	HORA
NC	Obs		NC	Obs	
C	Obs		C	Obs	
P	Obs		P	Obs	
Comentarios			Comentarios		

Fuente: BOTERO, Luis. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Medellín. 2a edición 2006

Ésta prueba permite individualizar los focos más importantes que no le agregan algún valor al proyecto, para posteriormente tomar medidas que permitan eliminarlas en el mejor de los casos o reducir su incidencia para aumentar el tiempo productivo.

4.1.9) Encuesta de detenciones y demoras

Se utiliza para identificar las causas más frecuentes de interrupciones en el trabajo y cómo coinciden en los recursos desperdiciados (ver Anexo 2)

4.1.10) Encuesta de identificación de pérdidas

Se utiliza para la identificación de pérdidas en los proyectos de construcción (ver Anexo 2)

4.1.11) Sistema de planificación last planner (último planificador)

Desarrollado por el Doctor Hernan Glenn Ballard, se basa en cambiar la forma tradicional de resolver los problemas una vez han sucedido, para pasar a formular una planificación a detalle que permitan identificarlos antes de que ocurran, y así evitar reprocesos, retrasos y pérdidas en la construcción

Ésta planificación no se refiere sólo al proceso constructivo, se refiere también a la planificación exhaustiva desde el momento mismo de la concepción del proyecto, pasando por los diseños, estudios y coordinación con el personal profesional.

El sistema de programación semanal consiste básicamente en la selección de una serie de tareas a ejecutar la siguiente semana, identificando limitaciones de recursos humanos y materiales que impidan la realización de dichas actividades. Se lleva a cabo una reunión con el contratista o persona encargada de dicha labor comunicándole la expectativa que se tiene y el compromiso que se tiene al aceptarla.

Al finalizar la semana se hace una evaluación de la calidad de trabajo ejecutado versus el planeado, y se obtiene el PAC (porcentaje de actividades completadas), es decir el valor del cumplimiento en porcentaje, para proceder a identificar las causas que llevaron al no cumplimiento.

5) METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos a desarrollarse en ésta investigación, se procedió con una organización de actividades a ejecutarse en la práctica, obtener datos para su análisis y fundamentar los resultados obtenidos

Se Identificó una obra de construcción en la cual se estaban desarrollando las actividades de instalación interna de redes de gas, con lo cual se estableció la urbanización el Portal de la Loma ubicado en el municipio de Piedecuesta

Se adoptó la medición de los cinco minutos como parte de la metodología Lean de construcción sin pérdidas como base para la medición de los tiempos de productividad en las diferentes actividades a desarrollarse

Se destinaron jornadas de observación para la recolección de los datos a lo largo de una semana, por lo cual se utilizaron los formatos de caracterización de actividades (ver Anexos) enfocando la medición a actividades de adecuación de regatas, armado e instalación de tubería en muros para la red interna de gas en los departamentos, con lo cual se lograron obtener 75 períodos de 5 minutos como muestra de trabajo para su análisis

Se organizaron los datos para definir y caracterizar los tiempos de los procesos constructivos como actividades no productivas, contributivas y productivas, según afecte la satisfacción del cliente que en el caso era entregar un servicio de calidad estableció según las normas técnicas de calidad colombiana (NTC 2525)

Al evaluar los datos se analizan los resultados por medio de gráficos en los que se representan los porcentajes de mayor afectación a la productividad con el fin de plantear las mejoras o modificaciones a los procesos constructivos necesarias para proponer un plan de mejora.

5.1) CARACTERIZACION DE PROCESOS

Para la caracterización de los procesos hacemos una revisión de las labores que deben ser realizadas para completar correctamente una actividad. Esta caracterización se hizo a las tareas objeto de estudio con el fin de tener claridad acerca de la clasificación de los tiempos, es decir, identificar plenamente qué es productivo, contributivo y no contributivo.

Tabla 3. *Categorías de tiempo productivo*

CATEGORIAS DE TIEMPO PRODUCTIVO
Corte de Tubería
Ranuración de tubería
Ensamblado de tubería y accesorios
Apertura de regatas
Instalación de la tubería
Tapado de regatas
Otros

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 4. *Categorías de tiempo contributivo*

CATEGORIAS DE TIEMPO CONTRIBUTIVO
Movilidad
Recibiendo Instrucciones
Realizando mediciones
Realizando limpieza
Preparando materiales y superficies
Elementos de seguridad
Preparando maquinaria
Realizando Inspecciones

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 5. *Categorías de tiempo no contributivo*

CATEGORIAS Y CAUSAS DE TIEMPO NO CONTRIBUTIVO	
CATEGORIAS	CAUSA
Espera	Falta de equipo o herramienta
	Falta de materiales
	Superpoblación
	Actividad previa sin terminar
	Falta de continuidad
	Cambio de mezcladora o mixer
	Falta de instrucción
	Otros
Tiempo Ocioso	Actitud del trabajador
	Tomando decisiones
	Superpoblación
	Falta de supervisión
	Conversando
	Otros
Desplazamientos	Falta de recursos
	Falta de supervisión
	Superpoblación
	Pobres condiciones de trabajo
	Actividad previa sin terminar
	Otros
Descanso	Agotamiento
Necesidades fisiológicas	Hidratación
	Aseo personal
	Ir al baño
	Otros
Reprocesos	Trabajo mal ejecutado
	Daños por cuadrillas anteriores
	Falta de planeación
	Cambio de planos
Transporte	Mala distribución de recursos
	Falta de equipo o herramienta
	Métodos inadecuados
	Otros

Fuente: Autores del proyecto

Para realizar una correcta supervisión del proceso constructivo se debe basar en los requerimientos Técnicos establecidos por las normatividades vigentes para la evaluación de la calidad, siendo un factor importante a tener en cuenta para la caracterización de las actividades.

5.1.1) Reglamentación de instalaciones internas de gas

En Colombia la instalación de redes de gas está reglamentada bajo las Normas Técnicas Colombianas NTC 2505 (instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales) y NTC 3728 (gasoductos, líneas de transporte y redes de distribución de gas), por medio de las cuales tomamos los parámetros técnicos para realizar las supervisiones y realizar una correcta interventoría a la ejecución de las obras

5.1.2) Generalidades

5.1.2.1) Implementos

Overol, botas de seguridad, casco, Gafas protectoras, Tapa oídos, guantes de carnaza

5.1.2.2) Materiales

Tubería de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", uniones, accesorios, racor, empaque, anticorrosivo

5.1.2.3) Herramientas

Porra, cincel, Llaves de tubo, Llave americana, flexómetro

5.1.2.4) Equipos

Tronzadora eléctrica, Roscadora, Prensa

5.1.2.5) Prerrequisitos.

La instalación se realizará conforme a los planos y especificaciones elaborados por un ingeniero debidamente autorizado por los organismos públicos competentes.

Las instalaciones realizadas deberán ser revisadas y aprobadas, además de la interventoría de la obra, por la entidad competente.

Los materiales y equipos empleados en las instalaciones deberán cumplir las normas ICONTEC,

Deben proveerse espacios suficientes para la instalación y mantenimiento de los equipos eléctricos, bien ventilados e iluminados, secos y aislados de cualquier fuente de contaminación que pueda dañarlos.

5.1.2.6) Requisitos técnicos

El sistema de tuberías que conduce el gas debe ser instalado en conductos ventilados, dedicados exclusivamente al alojamiento de éstas, de tal forma que se evite la acumulación accidental de gas combustible en el evento de un escape. Dichos conductos deben ser construidos de materiales autoextinguibles y deben estar comunicados directamente a la atmósfera exterior.

El material de las tuberías debe resistir la acción del gas y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario, las tuberías deben estar protegidas.

Los espesores de las paredes deben cumplir como mínimo las condiciones de ensayo de presión y de resistencia mecánica especificadas para cada material en la norma correspondiente.

a) Tuberías

No deben emplearse tuberías de cobre si el contenido promedio de sulfuro de hidrógeno por cada metro cúbico estándar del combustible gaseoso es superior en promedio a 7 miligramos (por cada cien pies cúbicos estándar del combustible gaseoso es superior en promedio a 0,3 granos).

No deben emplearse tuberías de aluminio puro en localizaciones exteriores y en aplicaciones enterradas.

b) Elevadores

Los elevadores están sujetos al cumplimiento de la NTC 4534.

c) Accesorios

Todos los accesorios utilizados para efectuar las conexiones deben permitir un suministro de gas en condiciones de hermeticidad. En general los accesorios deben ser compatibles con el tipo de tubería utilizado.

Accesorios para tubería de acero. Los accesorios deben ser fabricados en acero forjado o por fundición de hierro vaciado en molde de arena y tratados térmicamente para obtener hierro maleable.

Los accesorios al igual que las tuberías deben ser protegidos contra la corrosión.

d) Empaques para accesorios

Los empaques para accesorios deben ser de vitón, neopreno o buna-n u otro material de características similares o superiores.

e) Válvulas de corte

Las válvulas de corte deben ser de cierre rápido mediante el giro del maneral en un cuarto de vuelta.

f) Reguladores.

Los reguladores se deben seleccionar de acuerdo con el tipo de gas suministrado.

g) Sellantes.

En las uniones o conexiones roscadas se deben utilizar sellantes de tipo anaeróbico (trabas químicas) ó cinta de teflón u otro sellante para gas que cumpla con las normas técnicas colombianas correspondientes.

No se permite el uso de cáñamo y pinturas para el sellado de conexiones roscadas en tuberías que conduzcan gas.

5.1.3) Requisitos de construcción de la instalación.

5.1.3.1) Instalación de tuberías

Las tuberías para suministro de gas pueden instalarse en forma oculta (embebidas, enterradas o por conductos) o visible.

El trazado de las tuberías en ningún momento debe afectar los elementos estructurales de la edificación tales como vigas y columnas.

Las tuberías no se pueden embeber en las paredes del foso en el cual va ubicado el ascensor.

Las tuberías pueden doblarse de acuerdo con lo permitido en la respectiva norma de producto de cada tipo de tubería.

Se permite el trazado de tubería por encima de cielos falsos sin tener en cuenta las consideraciones de ventilación del literal f anterior, siempre y cuando el tramo sea continuo o las uniones sean del tipo soldado.

Las tuberías para suministro de gas no deben pasar por dormitorios, baños, conductos de aire, chimeneas, fosos de ascensores, sótanos y similares sin ventilación, conductos para instalaciones eléctricas y de basuras, en los cuales un escape de gas se pueda esparcir a través del edificio, ni por áreas donde haya transformadores eléctricos o recipientes de combustibles líquidos o líquidos cuyos vapores o ellos mismos sean corrosivos. Cuando se requiera instalar una tubería que pase por cuartos de baño o por dormitorios, se debe exigir que el tramo de tubería sea continuo, de lo contrario debe ir encamisada.

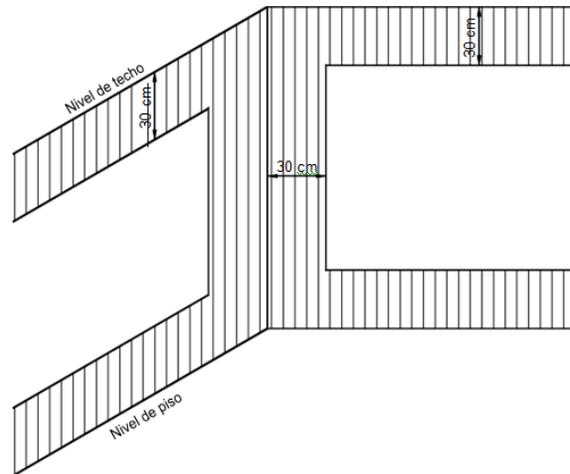
Cuando sea imprescindible atravesar juntas de dilatación puede utilizarse tubería flexible corrugada con las holguras necesarias para absorber los efectos del desplazamiento de las edificaciones.

➤ *Tuberías embebidas*

El trazado de este tipo de instalación debe definirse de manera que la ubicación de las tuberías se efectúe en sitios que brinden protección contra daño mecánico.

Dicho trazado debe realizarse preferiblemente en una zona comprendida dentro de una franja de 30 cm medida desde el nivel de techo, la losa del piso o las esquinas del recinto

Ilustración 6. Zona de trazado de instalaciones de tuberías embebidas



Fuente: NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 2505). Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

Las tuberías embebidas en muros deben tener un recubrimiento en mortero mezcla 1:3, con un espesor mínimo de 20 mm alrededor de toda la tubería.

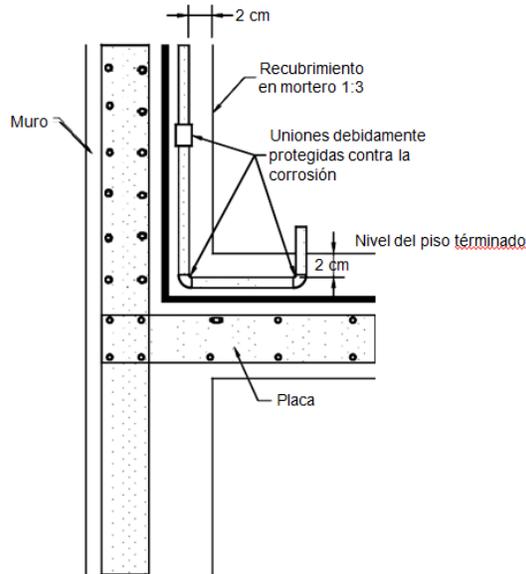
En el caso de conexiones roscadas embebidas, se debe proteger las roscas contra la corrosión. Se exceptúa de la protección las roscas de materiales no susceptibles de ser afectadas por la corrosión.

Las tuberías embebidas en pisos deben quedar instaladas como mínimo a 20 mm por debajo del nivel del piso terminado.

El concreto no debe contener acelerantes, agregados de escoria, o productos amoniacales, ni aditivos que contengan cloruros, sulfatos y nitratos, debido a que estos productos atacan los metales.

Las tuberías embebidas no deben estar en contacto físico con otras estructuras metálicas tales como varillas de refuerzo o conductores eléctricos neutros

Ilustración 7. *Formato de medida y caracterización de actividades*

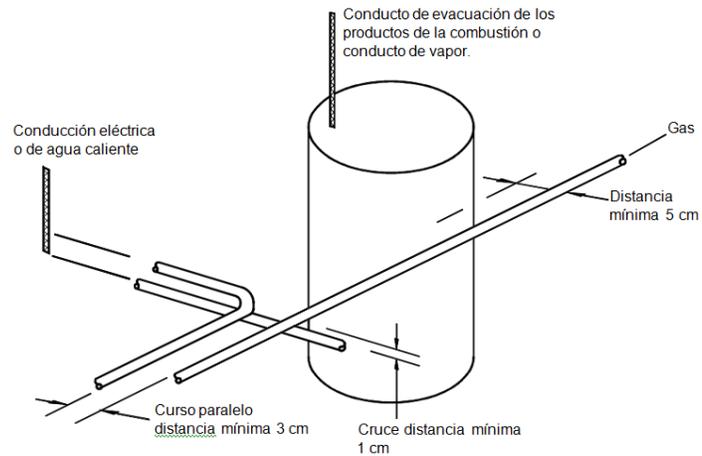


Fuente: NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 2505). Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

Las cavidades que deban hacerse para embeber las tuberías no deben comprometer muros estructurales que afecten la solidez del inmueble.

Las distancias mínimas entre las tuberías embebidas que conducen gas y las tuberías de otros servicios deben ser las que se indican en la Tabla. Si no es posible cumplir con las distancias señaladas, se debe proporcionar un aislamiento entre las tuberías.

Ilustración 8. *Distancias mínimas entre tuberías a la vista o embebidas*



Fuente: NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 2505). Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

Tabla 6. *Distancias mínimas entre tuberías a la vista o embebidas*

Tubería de otros servicios	Curso paralelo	Cruce
Conducción agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	5 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm

Fuente: NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 2505). Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

5.2) PROCESO CONSTRUCTIVO RED INTERNA DE GAS

Se realizó la toma de datos en una obra de construcción para la urbanización Portal de la Loma localizada en el municipio de Piedecuesta en el cual se realizaban torres de apartamentos, los cuales tenían diferentes niveles de avance, había torres con acabados ya terminadas y otras en obra negra por lo cual se limita el estudio a los apartamentos en los cuales se estaba iniciando el proceso de instalación de redes de gas los cuales se ubicaban en 2 torres consecutivas.

Ilustración 9. *Instalación de redes internas en torres de apartamentos*



Fuente: Autores del proyecto.

Ilustración 10. *Estados de avance en la construcción de las torres*



Fuente: Autores del proyecto.

Para identificar los factores que afectan el rendimiento en los procesos constructivos se utiliza la Filosofía Lean, la cual se enfoca en optimizar la eficiencia en la productividad, utilizando como referencia la medición de los 5 minutos (BOTERO BOTERO, 2006), se establecieron jornadas para toma de datos tanto en la mañana como en la tarde y se realizaron las observaciones y mediciones a las actividades propias de los procesos para la construcción de las redes de gas los apartamentos, se contó con dos encuestadores y un obrero con lo cual se lograron obtener 72 datos como muestra representativa de trabajo, estimando una confiabilidad de 90% y un error de 9.7%.

La muestra para obtener una confianza de 95% y un error de 5% son 384 observaciones necesarias (Botero 2006)

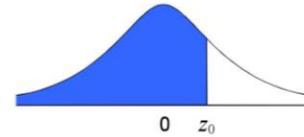
Tabla 7. Tabla de la probabilidad para distribución normal

μ = Media

σ = Desviación típica

Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:
 $1-\alpha$ = Nivel de confianza
 α = Nivel de significación

Fuente: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/mat/dnormal.pdf

Tabla 8. *Tabla nivel de confianza*

TABLA DE APOYO AL CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA POR NIVELES DE CONFIANZA									
Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z ²	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1.00	0.45
e	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.37	0.50
e ²	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01	0.04	0.1369	0.25

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml>

Para un tamaño de muestra infinita tenemos

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Ecuación 1

Para un tamaño de muestra finita tenemos

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 2

En donde:

P = probabilidad

Z = nivel de confianza

p = probabilidad a favor de que ocurra el evento

q = (1-p) probabilidad de que no ocurra el evento

N = tamaño de la población o universo

e = error de estimación máximo aceptado

n = tamaño de la muestra buscado

Teniendo una confiabilidad del 95% y un error de 5%, verificamos el tamaño de la muestra para un tamaño de una población infinita, con lo cual aplicamos la (ecuación 1), así:

$$P = 95\%$$

$$Z = 1,96$$

$$e = 5\% = 0,05$$

$$p = 0,5$$

$$q = 0,5 = (1-0,5)$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1 - 0,5)}{0,05^2}$$

$$n = 384,16 = 384 \text{ muestras}$$

Según lo estima Botero, el muestreo de trabajo es “estadísticamente confiable siempre que se tengan las observaciones necesarias (384 observaciones para un límite de confianza del 95% y porcentaje de error del 5%).” (BOTERO BOTERO, Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas), Segunda edición 2006)

Para determinar el nivel de confianza de nuestro tamaño poblacional, despejamos de la (Ecuación 2), el tamaño de nuestra universal relacionada con una población finita con lo cual tenemos la siguiente ecuación:

$$N = \frac{n * Z^2 * p * q}{Z^2 * p * q - n * e^2}$$

Ecuación 3

Utilizando la (ecuación 3) hallamos el tamaño de la población universo con los siguientes valores:

$$P = 95\%$$

$$Z = 1,96$$

$$e = 5\% = 0,05$$

$$p = 0,5$$

$$q = 0,5$$

$$n = 384$$

$$N = \frac{(384)(1,96)^2(0,5)(1 - 0,5)}{(1,96)^2(0,5)(1 - 0,5) - (384)(0,5)^2}$$

$$N = 921.984 \text{ muestras}$$

Con la población universo obtenida, utilizamos la (Ecuación 1) con una probabilidad de 90% y error de 9,7%, calculamos el nuevo tamaño de la muestra:

$$P = 90\%$$

$$Z = 1,65$$

$$e = 9,7\% = 0,097$$

$$p = 0,5$$

$$q = 0,5$$

$$N = 921.984 \text{ muestras}$$

$$n = \frac{(1,65)^2(0,5)(1 - 0,5)(921.984)}{(921.984)(0,097)^2 + (1,65)^2(0,5)(1 - 0,5)}$$

$$n = 72,33 = 72 \text{ muestras}$$

Las cuales fueron obtenidas en el desarrollo del trabajo de campo realizado

5.2.1) Localización y replanteo

Primero se procede con la demarcación del sitio de trabajo por medio de tizas o hilos, para demarcar el recorrido por donde pasará la tubería y tener una ubicación más precisa y detallada, de tal forma que posteriormente no afecte el rendimiento al realizar levantamiento y reprocesos reubicando la tubería, para la realización de ésta actividad se debe contar con los planos correctamente especificados al detalle tanto en planta como en altura por medio de planos AS BUILT

Ilustración 11. *Adecuación del lugar de trabajo*



Fuente: Autores del proyecto.

5.2.2) Apertura de regatas

Posteriormente al proceso de demarcación se hace el rayado mediante una pulidora industrial y un disco diamantado de 7 pulgadas, utilizando los respectivos elementos de seguridad (gafas, tapabocas, tapa oídos y guantes), utilizando cincel y martillo se termina de regatear dejando unos espacios con holguras bastante extensas en caso de imperfecciones en el armado de válvulas.

Ilustración 12. *Regateo de los muros*



Fuente: Autores del proyecto.

5.2.3) Medición

Después del proceso de regateo se hacen la toma de medidas por medio de un flexómetro para la tubería a instalar, éstas medidas deben ser muy precisas puesto que las tuberías metálicas no tienen una tolerancia a la expansión y flexibilidad casi nula, por ello se incurre mucho en errores que afectan el rendimiento por la necesidad de reprocesos.

Ilustración 13. *Toma de medidas para corte de tuberías*



Fuente: Autores del proyecto.

5.2.4) Corte, roscado y ensamblado

Teniendo las medidas de la tubería se procede a cortar los tubos y figurar roscarlos con la maquinaria y herramienta establecida en el campamento, luego se arman las redes ensamblando las válvulas y accesorios de acuerdo a lo que se estableció en los planos y la demarcación inicial.

Ilustración 14. *Corte de la tubería con tronzadora industrial*



Fuente: Autores del proyecto.

Ilustración 15. *Elaboración del roscado de la tubería*



Fuente: Autores del proyecto.

Ilustración 16. *Ensamblado de los accesorios en prensa de trípode*



Fuente: Autores del proyecto.

5.2.5) Ubicación en sitio

Se realiza el traslado de las tuberías desde el campamento hacia el lugar de trabajo y se continúa con su respectiva instalación.

Se ubica la tubería en las ranuras respetando las medidas y las tolerancias establecidas en los códigos de calidad.

Ilustración 17. *Transporte y Ubicación de la tubería*



Fuente: Autores del proyecto.

Ilustración 18. *Fijación de la tubería en sitio*



Fuente: Autores del proyecto.

5.2.6) Pruebas de hermeticidad

Antes de su puesta en servicio, toda instalación para suministro de gas debe someterse a un ensayo de hermeticidad y proporcionar resultados satisfactorios.

Se deben utilizar los siguientes equipos o elementos: compresor o fuente de suministro de aire, agua jabonosa y cabezas de ensayo.

El procedimiento consiste en inyectar aire hasta lograr estabilizar la presión de ensayo especificada en la Tabla, desconectar luego la fuente de suministro y tomar la lectura de presión para establecer la hermeticidad una vez haya transcurrido el tiempo mínimo de ensayo.

Tabla 9. *Presiones para el ensayo de hermeticidad*

Presión de operación en la tubería	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo de ensayo
$P \leq 13,8 \text{ kPa}$ ($P \leq 2 \text{ psig}$)	34,5 kPa (5 psig)	15 min
$13,8 \text{ kPa} < P \leq 34,5 \text{ kPa}$ ($2 \text{ psig} < P \leq 5 \text{ psig}$)	207 kPa (30 psi)	1 h
$34,5 \text{ kPa} < P \leq 138 \text{ kPa}$ ($5 \text{ psi} < P \leq 20 \text{ psi}$)	414 kPa (60 psi)	1 h

Fuente: NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 2505). Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

El ensayo debe realizarse a temperatura ambiente con aire o gas inerte; se prohíbe el uso de oxígeno, agua y gases combustibles para este propósito.

Los ensayos se deben realizar antes de la instalación de los medidores, reguladores y artefactos de consumo.

Se debe identificar la totalidad de salidas de la instalación.

Se debe efectuar una purga o barrido del sistema de tuberías de tal manera que se garantice la eliminación de cualquier material extraño en el interior de las tuberías.

Los manómetros empleados en el ensayo deben ser tales que la presión de ensayo se encuentre entre el 25 % y el 75 % de su rango de medición.

Ilustración 19. *Manómetro para realización de prueba de hermeticidad*



Fuente: Autores del proyecto.

Las salidas deben estar provistas de tapones que proporcionen hermeticidad. No se permite el uso de madera, corcho u otro material inadecuado.

Las válvulas ubicadas tanto en los extremos de la instalación como aquéllas localizadas en los tramos intermedios, deben estar abiertas. Durante el ensayo se irán maniobrando las válvulas para comprobar su hermeticidad

Al realizar el ensayo de hermeticidad no se debe presentar variación en la lectura indicada por el manómetro que registra la presión de ensayo. En caso contrario se considera que el sistema no es hermético.

Cuando al efectuar el ensayo de hermeticidad se determine la existencia de escapes se deben efectuar las correcciones correspondientes y someter nuevamente el sistema a un ensayo de presión.

En la detección de escapes bajo ninguna circunstancia deben usarse fósforos, velas, llamas abiertas u otros métodos que constituyan una fuente de ignición.

5.2.7) Tapado de regatas

Por último se hace el frisado de la mampostería y los morteros de piso de tal forma que la tubería no quede expuesta a daños por factores externos, posteriormente el enchapado de pisos y paredes

Ilustración 20. *Acabados para tuberías embebidas*



Fuente: Autores del proyecto.

6) ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Por medio del método de muestreo del trabajo realizamos una medición del nivel de actividad de la obra. El objetivo general es la determinación estadística de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal y los equipos. Conociendo cómo es utilizado el tiempo de estos recursos, aparecen los problemas que afectan la productividad, los que al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados.

La medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos se aplica principalmente a la mano de obra y/o equipos. f

Las observaciones de muestreo fueron hechas en forma aleatoria.

Se establecieron las categorías predeterminadas de actividades en las cuales clasificar las observaciones de los recursos.

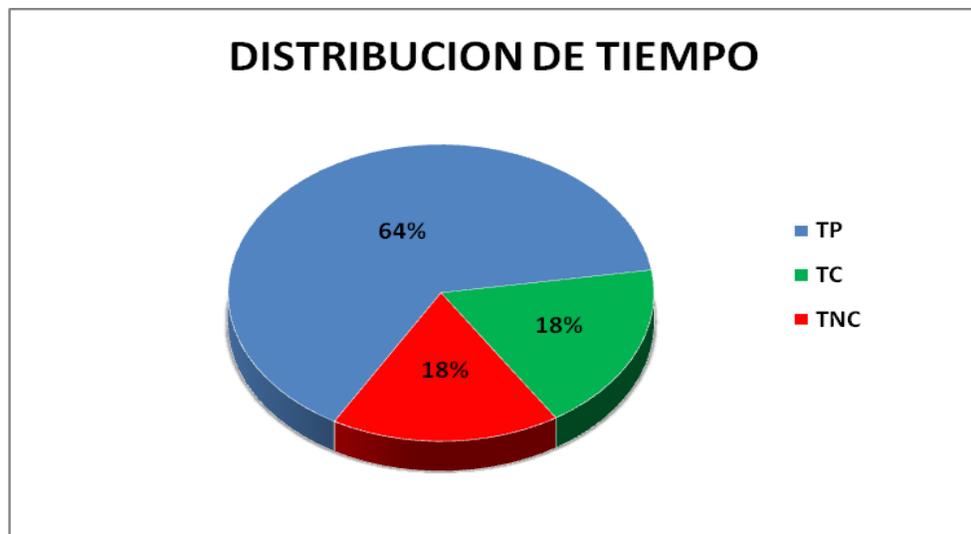
Los resultados permiten realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

Esta metodología de medición fue aplicada fijando para esto el objetivo de las mediciones, las categorías y la población muestral, realizando el relevamiento de todas las tareas e incluyendo a todos los trabajadores presentes, para obtener información general de la utilización del tiempo en obra. Las principales categorías y tareas relevadas y analizadas fueron:

6.1) DISTRIBUCION DEL TIEMPO

Por medio de los datos recopilados en obra, se organizaron los tiempos dependiendo de la caracterización de actividades como el resultado del trabajo productivo, contributivo y no contributivo (ver Anexo B, tabla 10) por lo cual se obtuvieron los porcentajes en la distribución del tiempo como se muestra en el gráfico.

Gráfico 5. *Distribución de los tiempos de trabajo obtenidos*



Fuente: Autores del proyecto.

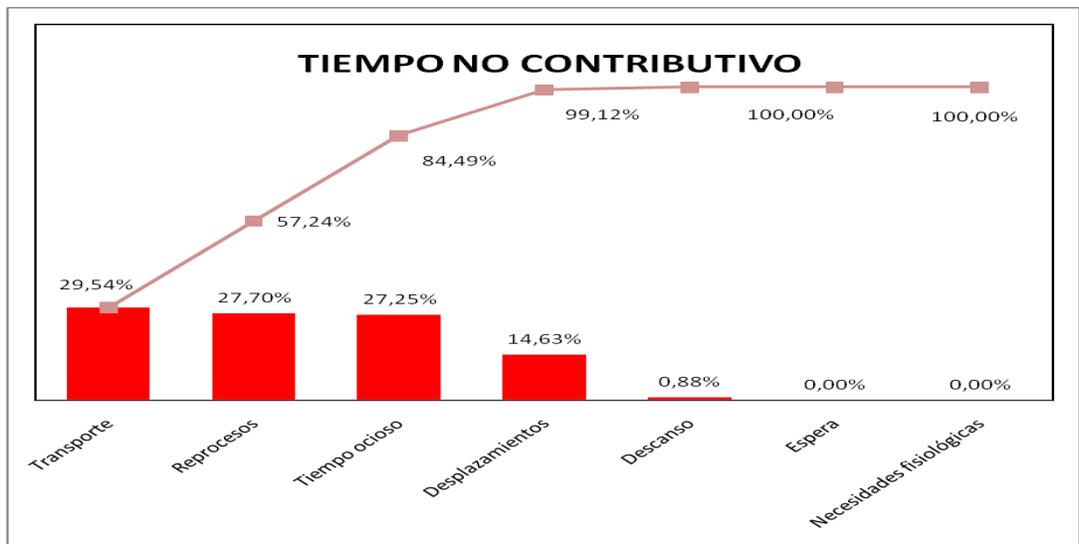
En éste grafico podemos observar que los tiempos no contributivos que producen las actividades que generan desperdicios en la productividad son del 18% siendo un valor que se mantiene por debajo de las estadísticas en Colombia que es del 26% (Botero 2006); éstas actividades se pueden reducir o eliminar por medio de propuestas que permitan atacar éstos factores.

El tiempo contributivo presenta un 18% manteniéndose por debajo del promedio en las estadísticas Colombianas siendo del 24%(Botero 2006); Se podría reducir convirtiendo las actividades en tiempos productivos

6.2) TIEMPO NO CONTRIBUTIVO

Después de caracterizar las actividades no contributivas (tabla 5) se organizaron los tiempos y porcentajes que se disponen para su ejecución (ver Anexo B, tabla 11), generando un gráfico de barras para visualizar los mayores factores que afectan en la construcción según las actividades desarrolladas

Gráfico 6. Causas del tiempo no contributivo



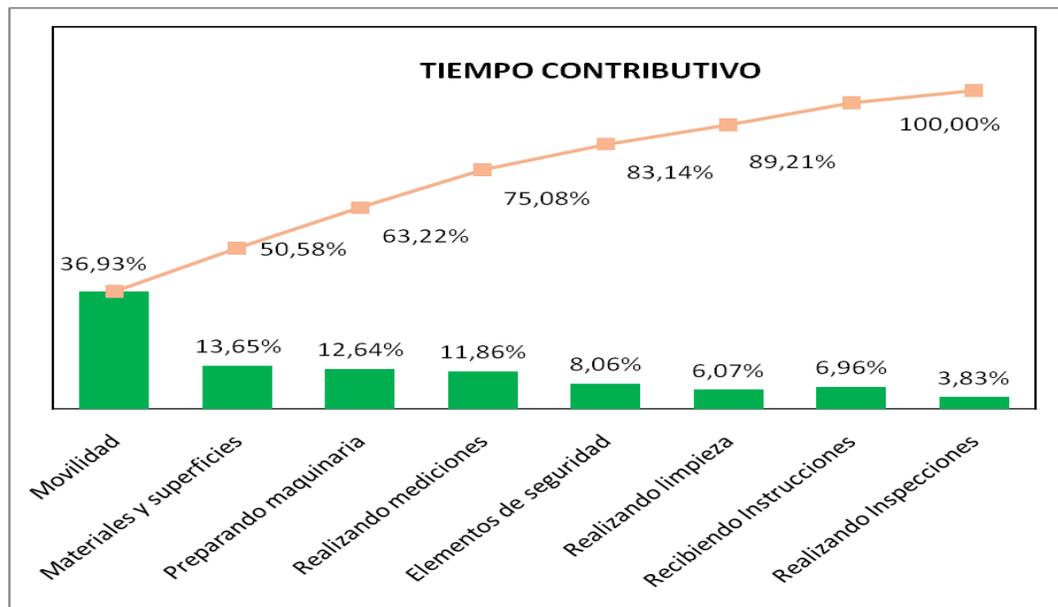
Fuente: Autores del proyecto.

Como se observa en la gráfica el principal factor influyente en el tiempo no contributivo es el transporte con un porcentaje de 29.94% el cual se debe principalmente a que el campamento se encuentra muy distante del lugar de trabajo; Los reprocesos también consumen el importante porcentaje de 27.70% debido a la falta de corroboración en las medidas o la mala elaboración de los roscados, debido a ello influye de manera directa en los desplazamientos con 14,63%, el porcentaje de tiempo ocioso de 27,25%, se debe a los periodos de las demoras en iniciar o retomar las labores debido a que no se aprovecha el horario laboral, entrando con retrasos o saliendo antes de terminar la jornada laboral, otro aspecto es el tiempo tomado para hablar por celular o charlas con otros obreros

6.3) TIEMPO CONTRIBUTIVO

Después de caracterizar las actividades contributivas (tabla 4) se organizaron los tiempos y porcentajes que se disponen para su ejecución (ver Anexo B, tabla 12), generando un gráfico de barras para visualizar los mayores factores que afectan en la construcción según las actividades desarrolladas

Gráfico 7. Causas del tiempo contributivo



Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica se observa que el principal factor del tiempo contributivo es la movilidad interna con un 36.93% la cual se basa en desplazamientos cortos dentro del espacio de trabajo, una parte se debe a la falta de limpieza (6,96%) e iluminación adecuada del sitio de trabajo y otra parte a movimientos necesarios durante el proceso de figurado de la tubería la cuál se podría disminuir mediante sistemas industrializados lo cual sería conveniente para obras de gran tamaño, el porcentaje de tiempo para la preparación de los materiales y superficies es de 13.65% y es necesaria para evitar reprocesos al igual que la realización de mediciones (11,86%) y la preparación de la maquinaria con un 12,64%

7) IDENTIFICACIÓN DE BUENAS Y MALAS PRÁCTICAS

Según lo observado en el desarrollo de las actividades, podemos clasificar las prácticas desarrolladas durante el desarrollo del proyecto como practicas de formas constructivas, reglamentarias y productivas

7.1) CONSTRUCTIVAS

Son todas aquellas que se derivan del método de construcción que se esté ejecutando, dentro de las cuales observamos las siguientes:

MALAS PRACTICAS	BUENAS PRÁCTICAS
Los cortes de muro para ubicar la tubería son demasiado amplios lo cual implica una mayor cantidad de materiales a la hora de rellenar, de igual forma dichos cortes son hechos de gran tamaño debido a que no se tiene un control en las medidas, contando con una holgura bastante amplia para la ubicación de la tubería.	Contar con maquinaria especializada, para realizar las actividades de corte, además disponer en todo momento la herramienta, y materiales necesarios para la construcción.
Hay una falta de supervisión general en la obra, debido a que el supervisor de actividades presenta una relación de confianza con el	Se debe contar siempre con la supervisión de un ingeniero residente o encargado de realizar las supervisiones Técnicas, el cual debe

trabajador, impidiendo el ser visto como una figura de autoridad.	estar constantemente brindando asesoría.
Se hace notorio el empirismo en el trabajador, no hace la verificación en las roscas hechas a la tubería desde el momento de su ejecución, va notando los errores a medida que va realizando trabajos posteriores, incurriendo en pérdidas de tiempo en desplazamiento y corrigiendo errores.	Se debe capacitar constantemente los trabajadores, los cuales deben estar pendientes de la correcta realización de cada actividad, antes de proceder con la siguiente; Se deben mantener informados los trabajadores en las actividades ajenas realizadas previamente por otras cuadrillas que puedan afectar su labor

7.2) REGLAMENTARIAS

Son aquellas que se derivan del uso adecuado de la normatividad establecida en la construcción según lo establecido en la NSR 2505.

MALAS PRACTICAS	BUENAS PRÁCTICAS
En cuanto a los problemas de seguridad se evidencia que el trabajador no usa gafas de protección durante el uso del equipo de ranuración, asumiendo un gran riesgo que a la vez es transmitido a la obra.	Siempre se debe contar con la dotación adecuada y mantener los EPP's y al momento de realizar cualquier labor, los cuales brindan seguridad en el desarrollo de las labores

<p>La falta de algunos accesorios como racores para realizar la transición de tubería flexible a rígida, produjo discontinuidad en el proceso por esperas en la llegada del material, produciendo tiempo no contributivo por reprocesos y esperas.</p>	<p>Tener un control estricto y constante de los materiales, herramientas y realizar el debido mantenimiento de maquinaria, previamente a la ejecución de las actividades, para no generar retrasos por esperas.</p>
<p>La construcción se realiza empíricamente sin contar con los planos de detalle necesarios para la construcción</p>	<p>Mantener en el lugar de trabajo o almacén los planos, y desarrollar los planos AS BUILT al terminar de realizar una instalación para mantener actualizada la información.</p>

7.3) PRODUCTIVAS

Son aquellas que afectan el desarrollo adecuado en el rendimiento de las actividades, las cuales podemos modificar para obtener mejoras directas en la productividad,

MALAS PRACTICAS	BUENAS PRÁCTICAS
<p>El trabajador sale antes del tiempo estipulado, además al salir a los descansos consume una gran cantidad de tiempo mayor a la estipulada por ley,</p>	<p>Llevar un control de tiempo de trabajo por medio de instrumentos como tarjetas o huellero digital en el que se registre el horario laboral del trabajador;</p>

<p>lo que repercute en la productividad debido a que no cumple con las condiciones requeridas para el aprendizaje en la construcción por medio de una continuidad operacional, el mismo trabajador es el encargado de realizar las actividades de las instalaciones internas, pero no se presenta continuidad de la ejecución y por el contrario, aumenta las interrupciones y disminuye el tiempo de trabajo continuo.</p>	<p>de igual forma establecer horarios destinados a los descansos, tiempos de realización de pausas activas, tiempos destinados a la alimentación y demás actividades que se realicen de forma que se pueda aprovechar al máximo las jornadas laborales</p>
<p>No se adecuaba el lugar de trabajo para una comodidad que permitiera mayor rendimiento por el contrario, para los lugares oscuros, sólo se contaba con la iluminación de una linterna de casco, pudiendo contar con una lámpara de piso que brindara gran iluminación del salón, además cuando se rompía muros, los escombros no eran retirados inmediatamente y se procedía a ubicar la tubería sobre éstos, impidiendo una buena movilidad en el área de trabajo. (ilustración 22)</p>	<p>Mantener constantemente la adecuación del lugar de trabajo por medio de limpieza e iluminación, disponer lugares para almacenamiento de maratales sin que se impida la correcta movilización por el lugar de trabajo</p>

<p>El campamento de almacenamiento de materiales, herramienta y equipos en donde se realiza el corte y figurado de la tubería se encuentra localizado en la torre siguiente en el tercer piso, lo que derivaba en una gran cantidad de tiempo trasladándose al área de trabajo, por lo cual el transporte de materiales y las correcciones por Reprocesos aumentan notoriamente el tiempo de no productivo desperdiciado en éstas tareas, para ello se recomienda ir moviendo continuamente el campamento de equipos y herramientas a medida que se cambie de torre a ejecutar.</p>	<p>Reubicar el campamento de almacenamiento de materiales equipos y herramientas periódicamente de tal forma que esté ubicado cerca al sitio de trabajo</p>
---	---

Ilustración 21. *Espacio de trabajo cerrado*



Fuente: Autores del proyecto.

8) PLAN DE TRABAJO

8.1) Objetivos

- Realizar acciones que permitan disminuir los tiempos de producción por medio de la corrección en la forma de la realización de las actividades consideradas como las más relevantes y representativas
- Mejorar los procesos constructivos con el fin de evitar caer en la necesidad de realizar reprocesos
- Controlar la calidad de actividades realizadas para el correcto funcionamiento del proyecto

8.2) Estrategias

Implementar las acciones mediante la corrección y modificación de actividades en los procesos constructivos o planeación general del proyecto

8.3) Tareas

- Disponer de un supervisor de los trabajadores a consecuencia de que los obreros no presentaban vigilancia correspondiente por los dirigentes del proyecto sino por nuestra presencia en el lugar sintieron la observación, es notorio que si ésta se efectúa de forma constante, se lograría aumentar la productividad significativamente

- Responsable: Gerencia

- Desplazar periódicamente el campamento de herramientas, equipos y materiales cerca del lugar de instalación de actividades para evitar pérdidas en el tiempo derivado del desplazamiento de los obreros entre locaciones.
 - Responsable: Ingeniero residente

- Disponer previamente de las herramientas necesarias y mantener el lugar de trabajo en las condiciones adecuadas para mejorar la producción, debido al desaseo y la mala iluminación se presenta disminución de rendimiento
 - Responsable: Administración

- Verificar los roscados realizados a la tubería en el lugar de elaboración y su correcto funcionamiento es fundamental, si por el contrario no se revisan en el momento genera pérdida de tiempo por Reprocesos y desplazamientos simultáneamente
 - Responsable: obrero

- Sincronizar, controlar y planear las actividades diariamente con el fin de que los procesos se generen en tiempos prolongados y se mantengan los materiales en cantidades suficientes sin que se generen pérdidas de tiempo en desplazamientos como el cambio de lugar de trabajo o búsqueda de herramientas por cambio de actividad
 - Responsable: Ingeniero residente

- Coordinar el inventario de forma estricta a causa de que en ocasiones se observó la necesidad de parar actividad además de productos no terminados por falta de piezas herramientas o equipos necesarios, lo que genera pérdidas de tiempo por pausas y reprocesos
 - Responsable: Ingeniero residente

- Realizar pausas activas y descansos es muy importante, por ser un trabajo que requiere de mucho desgaste físico, esto genera que al final de una jornada no se presente igual rendimiento que al inicio
 - Responsable: obrero

- Mantener las cuadrillas de trabajadores separadas, al igual que los trabajos en los que sólo disponga de un trabajador, mantenerlo distante de otro a razón de que se presta para que entablen conversaciones y aumente el tiempo ocioso
 - Responsable: Ingeniero residente

- Dar charlas previas al comienzo de la jornada de forma que estén motivados y asesorados para realizar las labores diarias sin contratiempos, además dar incentivos por realizar la labores de forma eficiente, con ello estarán enfocados en las tareas y no perderán tiempo en actividades ajenas
 - Responsable: Ingeniero residente

9) CONCLUSIONES

- La toma de datos puede realizarse en espacios abiertos y espacios cerrados, en el presente caso al ser dentro de los apartamentos no pudo pasar desapercibida la presencia del encuestador, lo que dificulta en gran manera la toma exacta de datos en condiciones normales.

Ilustración 22. *Espacio de trabajo cerrado*



Fuente: Autores del proyecto.

- El sistema de medición sin pérdidas es una herramienta muy valiosa en cuanto a la identificación de las principales falencias que se desarrollan en un proyecto, se centra en verificar las actividades más representativas y poder controlar a cuales se les da mayor valor para eliminar o disminuir las actividades que no generan valor
- La caracterización de los procesos constructivos permite establecer cuales actividades son significativas y cuáles no, para el desarrollo del

proceso y la consecución del producto, la medición debe hacerse de forma independiente para cada actividad, dado que los tiempos varían dependiendo de la labor, el lugar de trabajo, los obreros quienes lo ejecutan y muchos más factores a tener en cuenta, por ello cada empresa debe definir los parámetros a su conveniencia.

- El principal motivo de generación de tiempos no contributivos fue el Transporte, debido a la ubicación de campamento en relación al sitio de trabajo, seguido por Reprocesos debido a falta de supervisión en los roscados y Tiempo ocioso compuesto por trabajadores hablando o simplemente no haciendo nada
- El mayor factor generador de tiempo contributivo es la movilidad debido a la falta de adecuación y distribución del lugar de trabajo, limpieza e iluminación

10) RECOMENDACIONES

- Planear las actividades previamente
- Mejorar la supervisión de los trabajadores
- Realizar charlas de información y motivación al comienzo de cada jornada
- Mantener el campamento de herramientas, equipos y materiales cerca del lugar de instalación de actividades
- Coordinar inventario y mantener buena disposición de los materiales y herramientas necesarias
- Mantener el lugar de trabajo en las condiciones adecuadas de aseo e iluminación
- Verificar oportunamente los roscados realizados
- Hacer revisión periódica a los equipos y herramientas
- Realizar pausas activas y descansos
- Mantener las cuadrillas de trabajadores separadas
- dar incentivos por realizar la labores de forma eficiente

11) BIBLIOGRAFÍA

BORRAZ SÁNCHEZ, C., & RÍOS MERCADO, R. (2009). *Técnicas avanzadas de optimización en sistemas de transporte de gas natural*. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma Nuevo León.

BOTERO BOTERO, L. F. (Primera edición 2004). *Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas)*. Medellín: LEGIS S.A.

BOTERO BOTERO, L. F. (Segunda edición 2006). *Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas)*. Medellín: LEGIS S.A.

BOTERO BOTERO, L. F. (2014). *Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas)*. Medellín: EAFIT.

CAMARGO, E., & GONZALEZ, J. (2011). *Propuesta de un sistema operativo de gestión basado en la filosofía Lean Construction que permita estandarizar las actividades implicadas en el montaje de la estructura metálica de un edificio*. Bogotá: Universidad de la Salle.

CANTÚA, A., GALLINAA, M., GARCÍA, G., & MORENOA, J. (2009). *Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso*. Argentina: Centro Universitario Mendoza.

CÁRDENAS DULCEY, J. G., & DUARTE SUÁREZ, D. A. (2011). *Implementación De Las Herramientas De Medición De Pérdidas En La Etapa De Acabados Bajo La Metodología De Construcción Sin Pérdidas*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

CORREDOR, G., & ROJANO, A. (2009). *Lean Construction” Aplicada a proyecto de edificaciones de vivienda unifamiliar*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

CUBAQUE, J. (2014). *Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología Lean Construcción en una empresa del sector construcción*. Bogotá: Universidad Nueva Granada.

GRANADOS, B. (2011). *Implementación de la metodología Lean Construction para las actividades de Estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

KOSKELA, L. (1992). *Application of the new production philosophy to Construction*. Nueva York: Stanford University.

LÓPEZ VELÁSQUEZ, A. A., & SAUCEDO MANTILLA, L. D. (2017). *Análisis de la productividad bajo la metodología de construcción sin pérdidas en procesos constructivos asociados a vivienda multifamiliar*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

LUENGAS, C. (2011). *Implementación y seguimiento de la metodología Lean Construction a las actividades constructivas a las actividades constructivas de la obra Metropolitana Business Park en la empresa Marval S.A*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

NORMA TECNICA COLOMBIANA, N. 3. (2001). *Gasoductos, líneas de transporte y redes de distribución de gas*. Bogotá: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).

NORNA TECNICA COLOMBIANA, N. 2. (2006). *Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales*. Bogotá: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).

ORTÍZ CONTRERAS, L. J., & VILLAMIZAR ROA, D. H. (2016). *Implementación de los principios de lean construction en la constructora Colproyectos s.a.s. de un proyecto de vivienda en el municipio de villa del rosario*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

PINTO VEGA, L. J. (2010). *Mejoramiento de la productividad en la obra Tayrona de urbana S.A. basado en la filosofía lean Construction. Trabajo de grado para optar el título de ingeniera industrial*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

PIRAQUE, G. (2010). *Planeación e implementación de la Filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A.* Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

SARMIENTO CUBAQUE, J. L. (2014). *Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean Construction en una empresa del sector construcción*. Bogotá: Universidad Nueva Granada.

VILLALOBOS MORALES, J. (2002). *Pre-procesamiento de un problema de optimización de redes de gas natural*. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma de Nuevo León.

ANEXO A.

FORMATOS DE MEDICIÓN DE TIEMPOS

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:00 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Devolverse		0:30	Obs: Se le olvidan algunas partes por lo que se devuelve.	
C: Transporte de materiales		4:30	Obs: Transporte de las arañas previamente armadas.	
P:			Obs: Solamente realiza traslado antes de realizar cualquier actividad.	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:05 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Nada		0:30	Obs:	
C: Transporte de materiales		4:00	Obs: Transporte de las arañas previamente armadas.	
P: Armando puntos de gas		0:30	Obs: Realiza la actividad luego de trasladar al sitio la instalación.	
El campamento donde se encuentran los implementos y las arañas queda en otra torre en un tercer piso, bastante alejado y lo que deriva gran pérdida de tiempo trasladandose.				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:10 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Reproceso debido a inconvenientes en instalación.		0:30	Obs: Inconvenientes debido a que no encajaba bien la rosca en la tubería.	
C:			Obs:	
P: Armando puntos de gas		4:30	Obs: Se demora bastante alineando y fijando la red.	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:15 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armando puntos de gas		5:00	Obs: Se demora bastante alineando y fijando la red.	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:20 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Reproceso		0:15	Obs: Presenta suciedad la araña y debe limpiar nuevamente para poderla encajar.	
C:			Obs:	
P: Alineación de tubería		4:45	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:25 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Reproceso		5:00	Obs: Debe soltar la araña que había alineado para la verificación de la tubería y ver porque no encaja.	
C:			Obs:	
P:			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:30 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Reproceso		5:00	Obs: Presenta suciedad la araña y debe limpiar nuevamente, además queda mal torneada y debe volver a hacerlo.	
C:			Obs:	
P:			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 06/02/2018	DIA SEMANA: Martes
LABOR	HORA: 3:35 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Desplazo al campamento.		4:00	Obs: Desplazo al campamento para traer una pieza que se le olvidó.	
C:			Obs:	
P: Preparación de material para hacer la conexión.		1:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:00 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Revisa el celular		0:05	Obs:	
C:			Obs:	
P: Red para punto de estufa.		4:55	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:05 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Descanso		0:10	Obs:	
C:			Obs:	
P: Red para punto de estufa.		4:50	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:10 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Araña de instalación de apto.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:15 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC: Desplazamiento a campamento.		0:45	Obs: Buscando un material que olvidó.	
C:			Obs:	
P: Araña de instalación de apto.		4:15	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:20 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC: Desplazamiento a campamento. 1:30			Obs:	
C: Preparación de maquina torneadora. 3:30			Obs:	
P:			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:25 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Arreglo de tubería HG con torneadora. 5:00			Obs:	
Se observó al tomar los datos la falta de gafas protectoras, representando un gran riesgo para el trabajador.				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:30 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC: Nada 0:10			Obs:	
C:			Obs:	
P: Arreglo de tubería HG con torneadora. 4:50			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:35 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC: Nada 0:20			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armada de arañas para instalación. 4:40			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:40 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armada de arañas para instalación. 5:00			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:45 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armada de arañas para instalación. 5:00			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:50 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC: Revisar el celular. 1:00			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armada de arañas para instalación. 4:00			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miércoles
LABOR	HORA: 8:55 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Preparación de arañas de la instalación
NC: Nada 0:05			Obs:	
C:			Obs:	
P: Armada de arañas para instalación. 4:55			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:20 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:	0:00		Obs:	
C: transporte de herramientas	3:00	Obs: Las herramientas estaban en el campamento y no en obra		
P: Ubicación de tubería	2:00	Obs:		
el transpote de los materiales reduce el tiempo productivo pue el campamento se encuenra retirado del sistio de trabajo				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:25 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:	0:10		Obs: se toma un momento para revisar el celular	
C:	0:00		Obs:	
P: instalacion de tubería	4:50	Obs:		
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:30 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:	1:09		Obs: se toma un momento para revisar el celular	
C: reproceso	2:46	Obs: no encaja la tubería, debe reacomodar, problemas de roscado		
P:	1:05	Obs:		
el principal inconveniente a la hora de acomodar la tubería es que en ocasiones las rosacas se hacen incorrectamente y se debe realizar reprocesos para adecuarlas correctamente				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:35 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:	0:00		Obs:	
C: reproceso en roscado	5:00	Obs: se realizo un mal roscado lo que ocasionó demoras		
P:	0:00	Obs:		
se debe revisar los roscados en la tubería en la sala de máquinas antes de dirigirse al lugar de instalación				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:40 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C:		3:22	Obs: se realizo un mal roscado lo que ocasionó demoras	
P:		1:38	Obs:	
se debe revisar los roscados en la tubería en la sala de máquinas antes de dirigirse al lugar de instalación				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:45 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:52	Obs: se toma un descanso	
C:		0:49	Obs:	
P:		3:19	Obs:	
los descansos entre las actividades son necesarios pues es un trabajo de desgaste físico que necesita pausas				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:50 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:00	Obs:	
P: ubicación de tubería en sitio		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 3:55 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C: transporte de herramientas		4:00	Obs: el tiempo de transporte de herramientas es demasiado largo	
P:		1:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 4:00 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:33	Obs: traslado de herramientas a otro sitio de trabajo	
P: instalacion de tuberia en sitio		4:27	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 4:05 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:52	Obs: se hace una inspección visual para detectar errores	
P: instalación de tubería		4:08	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 4:10 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:23	Obs: Se realizan las uniones de accesorios en sitio	
P: Instalacion de tubería		4:37	Obs:	
la conexión de los accesorios como codos y Tees se realiza con llave de tubo en sitio de trabajo y no con los equipos adecuados como prensa en el lugar de la maquinaria				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 07/02/2018	DIA SEMANA: Miercoles
LABOR	HORA: 4:15 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Instalación de red interna de gas
NC:		3:56	Obs: transporta herramienta al campamento	
C:		0:28	Obs:	
P:		0:36	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:30 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C: limpieza de escombros		0:16	Obs: la limpieza es necesaria para el trabajo comodo	
P: rompiendo muros		4:44	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:35 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC: socialización		0:40	Obs: llega otro obrero para hablar	
C:		0:00	Obs:	
P: rompiendo muros		4:20	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:40 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:18	Obs: desplazamientos	
P: rompiendo muros		4:42	Obs:	
el tiempo en los desplazamientos es corto ya que puede llevar consigo toda la herramienta necesaria para el trabajo				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:45 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:08	Obs:	
P: rompiendo muros		4:52	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:50 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C: limpieza de escombros		0:31	Obs: la limpieza es necesaria para el trabajo comodo	
P: rompiendo muros		4:29	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 3:55 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C: desplazamientos de lugar de trabajo		3:40	Obs:	
P:		1:20	Obs:	
los desplazamientos se realizaron entre apartamentos				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 4:00 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C:		0:00	Obs:	
P: rompiendo muros		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 4:05 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C: limpieza de escombros		0:10	Obs: la limpieza es necesaria para el trabajo comodo	
P: rompiendo muros		4:50	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 08/02/2018	DIA SEMANA: Jueves
LABOR	HORA: 4:10 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	paraleo y escarificado en muros
NC:		0:00	Obs:	
C:	transporte de herramientas	2:33	Obs: se guardan las herramientas en el campamento	
P:	rompiendo muros	2:27	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:20 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:		0:00	Obs:	
C:		5:00	Obs:	
P:		0:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:25 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:		0:00	Obs:	
C:		4:00	Obs: mediciones y acomodacion de tuberia en maquinaria	
P:	corte de tubería	1:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:30 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:		0:46	Obs: se toma un descanso	
C:	ubicación y toma de medidas	1:55	Obs:	
P:	corte de tubería	2:19	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:35 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:29		Obs: se toma un descanso	
C: ubicación de tubería en maquina	2:47		Obs:	
P: roscado de la tubería	1:44		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:40 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:00		Obs:	
C: ubicación de tubería en maquina	2:38		Obs:	
P: roscado de la tubería	2:22		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:45 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:00		Obs:	
C: ubicación de tubería en maquina	1:57		Obs:	
P: roscado de la tubería	3:03		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:50 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:00		Obs:	
C: ubicación de tubería en maquina	1:10		Obs:	
P: roscado de la tubería	3:50		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 10:55 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:00		Obs:	
C:	ubicación de tubería en maquina 3:59		Obs:	
P:	acople de tubería mediante uniones 1:01		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 11:00 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	0:00		Obs:	
C:	ubicación de tubería en maquina 2:20		Obs:	
P:	acople de tubería mediante uniones 2:40		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 11:05 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	limpiando herramientas 3:49		Obs: se hace una limpieza a equipos y se cambia aceite	
C:	ubicación de tubería en maquina 0:53		Obs:	
P:	acople de tubería mediante uniones 0:18		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 11:10 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:	limpiando herramientas 5:00		Obs: se hace una limpieza a equipos y se cambia aceite	
C:	0:00		Obs:	
P:	0:00		Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Sergio Antonio Sánchez (2)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: viernes
LABOR	HORA: 11:15 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: guardando herramientas		2:35	Obs:	
C: transportando tubería		2:25	Obs:	
P:		0:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:00 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:05 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:10 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Nada		0:10	Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		4:50	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:15 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Revisando el celular			0:30	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.			4:30	
			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:20 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.			5:00	
			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:25 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.			5:00	
			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:30 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.			5:00	
			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:35 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Hablando		1:00	Obs:	
C:		Obs:		
P: Torneado de tubos HG.		4:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:40 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Hablando, alistando para irse.		5:00	Obs:	
C:		Obs:		
P:		Obs:		
Comienza a alistarse desde antes de la hora de salida.				
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:45 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Alistando para irse		5:00	Obs:	
C:		Obs:		
P:		Obs:		
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 09/02/2018	DIA SEMANA: Viernes
LABOR	HORA: 4:50 p.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Alistando para irse y saliendo		5:00	Obs:	
C:		Obs:		
P:		Obs:		
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:00 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:05 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:10 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:15 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Nada		1:00	Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		4:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:20 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:25 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Nada y revisar celular			1:00 Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		4:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:30 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		5:00	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 8:35 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Charlar			0:40 Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG.		4:20	Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 9:20 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC: Llegada y preparación de comer. 2:30			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG. 2:30			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 9:25 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG. 5:00			Obs:	
Comentarios				

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO				
EMPRESA : DUARTE HIDROSANITARIAS Y DE GAS			OBRA: PORTAL DE LA LOMA	
ENCUESTADOR: Jose Luis Pérez (1)			FECHA: 10/02/2018	DIA SEMANA: Sabado
LABOR	HORA: 9:30 a.m.	C. TOTAL (min)	ACTIVIDAD:	Corte y torneado de tubos
NC:			Obs:	
C:			Obs:	
P: Torneado de tubos HG. 5:00			Obs:	
Comentarios				

ANEXO B.

DATOS CARACTERIZADOS DE LAS ACTIVIDADES

Tabla 10. *Tiempos obtenidos de la caracterización de actividades*

Toma Nro.	Enc.	Hora	Total de trabajadores observados	Total de tiempo productivo (minutos)	Total de tiempo contributivo (minutos)	Total de tiempo no contributivo (minutos)	% de tiempo productivo	% de tiempo contributivo	% de tiempo no contributivo
1	1	15:00	1	0	4,5	0,5	0,00%	90,00%	10,00%
2	1	15:05	1	0,5	4	0,5	10,00%	80,00%	10,00%
3	1	15:10	1	4,5	0	0,5	90,00%	0,00%	10,00%
4	1	15:15	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
5	1	15:20	1	4,75	0	0,25	95,00%	0,00%	5,00%
6	1	15:25	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
7	1	15:30	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
8	1	15:35	1	1	0	4	20,00%	0,00%	80,00%
9	1	08:00	1	4,917	0	0,083	98,34%	0,00%	1,66%
10	1	08:05	1	4,833	0	0,167	96,66%	0,00%	3,34%
11	1	08:10	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
12	1	08:15	1	4,25	0	0,75	85,00%	0,00%	15,00%
13	1	08:20	1	0	3,5	1,5	0,00%	70,00%	30,00%
14	1	08:25	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
15	1	08:30	1	4,833	0	0,167	96,66%	0,00%	3,34%
16	1	08:35	1	4,667	0	0,333	93,34%	0,00%	6,66%
17	1	08:40	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
18	1	08:45	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
19	1	08:50	1	4	0	1	80,00%	0,00%	20,00%
20	1	08:55	1	4,917	0	0,083	98,34%	0,00%	1,66%
21	1	09:00	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
22	2	15:20	1	2	3	0	40,00%	60,00%	0,00%
23	2	15:25	1	4,833	0	0,167	96,66%	0,00%	3,34%
24	2	15:30	1	1,083	2,767	1,15	21,66%	55,34%	23,00%
25	2	15:35	1	0	5	0	0,00%	100,00%	0,00%
26	2	15:40	1	1,633	3,367	0	32,66%	67,34%	0,00%
27	2	15:45	1	3,317	0,817	0,867	66,33%	16,34%	17,34%
28	2	15:50	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
29	2	15:55	1	1	4	0	20,00%	80,00%	0,00%
30	2	16:00	1	4,45	0,55	0	89,00%	11,00%	0,00%
31	2	16:05	1	4,133	0,867	0	82,66%	17,34%	0,00%
32	2	16:10	1	4,617	0,383	0	92,34%	7,66%	0,00%
33	2	16:15	1	0,6	0,467	3,933	12,00%	9,34%	78,66%
34	2	15:30	1	4,733	0,267	0	94,66%	5,34%	0,00%
35	2	15:35	1	4,333	0	0,667	86,66%	0,00%	13,34%
36	2	15:40	1	4,7	0,3	0	94,00%	6,00%	0,00%
37	2	15:45	1	4,867	0,133	0	97,34%	2,66%	0,00%
38	2	15:50	1	4,483	0,517	0	89,66%	10,34%	0,00%
39	2	15:55	1	1,333	3,667	0	26,66%	73,34%	0,00%
40	2	16:00	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
41	2	16:05	1	4,833	0,167	0	96,66%	3,34%	0,00%
42	2	16:10	1	2,45	2,55	0	49,00%	51,00%	0,00%
43	2	10:20	1	0	5	0	0,00%	100,00%	0,00%
44	2	10:25	1	1	4	0	20,00%	80,00%	0,00%
45	2	10:30	1	2,317	1,917	0,767	46,33%	38,33%	15,34%
46	2	10:35	1	1,733	2,783	0,483	34,67%	55,67%	9,66%
47	2	10:40	1	2,367	2,633	0	47,34%	52,66%	0,00%
48	2	10:45	1	3,05	1,95	0	61,00%	39,00%	0,00%
49	2	10:50	1	3,833	1,167	0	76,66%	23,34%	0,00%
50	2	10:55	1	1,017	3,983	0	20,34%	79,66%	0,00%
51	2	11:00	1	2,667	2,333	0	53,34%	46,66%	0,00%
52	2	11:05	1	0,3	0,883	3,817	6,00%	17,66%	76,34%
53	2	11:10	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%

54	2	11:15	1	0	2,417	2,583	0,00%	48,34%	51,66%
55	1	16:00	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
56	1	16:05	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
57	1	16:10	1	4,833	0	0,167	96,66%	0,00%	3,34%
58	1	16:15	1	4,5	0	0,5	90,00%	0,00%	10,00%
59	1	16:20	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
60	1	16:25	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
61	1	16:30	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
62	1	16:35	1	4	0	1	80,00%	0,00%	20,00%
63	1	16:40	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
64	1	16:45	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
65	1	16:50	1	0	0	5	0,00%	0,00%	100,00%
66	1	08:00	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
67	1	08:05	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
68	1	08:10	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
69	1	08:15	1	4	0	1	80,00%	0,00%	20,00%
70	1	08:20	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
71	1	08:25	1	4	0	1	80,00%	0,00%	20,00%
72	1	08:30	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
73	1	08:35	1	4,333	0	0,667	86,66%	0,00%	13,34%
74	1	09:20	1	2,5	0	2,5	50,00%	0,00%	50,00%
75	1	09:25	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
76	1	09:30	1	5	0	0	100,00%	0,00%	0,00%
							64,21%	18,39%	17,39%
							TP	TC	TNC

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 11. *Tiempos obtenidos de actividades no contributivas*

	Toma Nro.	Espera	Tiempo ocioso	Desplazamientos	Descanso	Necesidades fisiológicas	Reprocesos	Transporte
dia 1	1						0,5	1,5
	2		0,5					4
	3						0,5	
	4							
	5						0,25	
	6						5	
	7						5	
	8							4
dia 2 mañana	9		0,083					
	10		0,167					
	11							
	12							0,75
	13				1,5			
	14							
	15			0,167				
	16			0,333				
	17							
	18							
	19			1				
20			0,083					
dia 2 tarde	21							3
	22		0,167					
	23						3,92	
	24						5	
	25						3,37	
	26				0,82	0,867		
	27							
	28							4
	29							0,55
	30							
	31							
	32			3,933				0,47
dia 3 tarde	33							
	34		0,667					
	35			0,3				
	36			0,13				
	37							
	38				3,68			
	39							
	40							
41							2,55	
dia 4 mañana	42			1,88				
	43			1,22				
	44							0,767
	45		0,483					
	46							
	47							
	48							
	49							
	50							
	51						3,817	
52							5	
53				2,42			2,583	
dia 4 tarde	54							
	55							
	56		0,167					
	57		0,5					
	58							
	59							
	60							
	61		1					
	62		5					
	63		5					
64		5						
dia 5 mañana	65							
	66							
	67							
	68		1					
	69							
	70		1					
	71							
	72		0,667					
	73				2,5			
	74							
	75							
	TOTAL (MIN)	0	26,917	14,45	0,867	0	27,357	29,17
	PORCENTAJE	0,00%	27,25%	14,63%	0,88%	0,00%	27,70%	29,54%
		Espera	Tiempo ocioso	Desplazamientos	Descanso	Necesidades fisiológicas	Reprocesos	Transporte

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 12. *Tiempos obtenidos de actividades contributivas*

	Toma Nro.	Recibiendo Instrucciones	Preparando maquinaria	Materiales y superficies	Elementos de seguridad	Realizando Inspecciones	Realizando mediciones	Realizando limpieza	Movilidad
dia 1	1	1,5			0,5				
	2								
	3			2,3					1,2
	4								
	5							0,15	
	6								
	7						0,5		
	8					0,7			
	9								
dia 2 mañana	10								
	11			1,7					
	12					0,45			
	13		3,5						
	14								1,3
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
dia 2 tarde	21				0,6			0,8	
	22								
	23			1,3					
	24								
	25								
	26								
	27								2,4
	28								
	29								
	30						0,87		
	31							0,38	
	32								
dia 3 tarde	33			1,15	0,8			0,27	
	34								
	35								
	36			0,08					
	37							0,52	
	38								0,65
	39								
	40							0,17	
	41								
dia 4 mañana	42	1,1			0,5		3,12		
	43		0,53						1,23
	44						1,27		
	45		1,17						1,62
	46								
	47								1,95
	48								1,17
	49					0,4			
	50								2,33
	51								
	52								
dia 4 tarde	53								
	54				0,7				
	55		0,5						
	56								
	57								
	58						1,2		
	59			0,52					1,3
	60								
	61								
	62								2,5
	63								
dia 5 mañana	64							1,05	
	65	1,2			0,6				
	66								
	67								
	68					0,37			
	69		1,2						2,5
	70								
	71						1,4		
	72								
	73								
	74				0,4				
75								1,4	
	TOTAL (MIN)	3,8	6,9	7,45	4,4	2,09	6,47	3,31	20,15
	PORCENTAJE	6,96%	12,64%	13,65%	8,06%	3,83%	11,86%	6,07%	36,93%
		Recibiendo Instrucciones	Preparando maquinaria	Materiales y superficies	Elementos de seguridad	Realizando Inspecciones	Realizando mediciones	Realizando limpieza	Movilidad

Fuente: Autores del proyecto.

ANEXO C.

FORMATOS DE CONTROL

TOMA DE DATOS SOBRE TIEMPO PRODUCTIVO PRUEBA DE RONDA						
EMPRESA :			OBRA:			
ENCUESTADOR:			FECHA:		DIA SEMANA:	
ACTIVIDAD	C.TOTAL	HORA	ACTIVIDAD		C.TOTAL	HORA
NC	Obs		NC		Obs	
C	Obs		C		Obs	
P	Obs		P		Obs	
Comentarios			Comentarios			

Toma Nro.	Enc.	Hora	Total de trabajadores observados	Total de trabajadores productivos	Total de trabajadores no productivos	% de trabajadores productivos	% de trabajadores no productivos
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
					% promedios		

