

**ALTERNATIVAS PARA OPTIMIZAR LOS TIEMPOS Y COSTOS EN EL
PROCESO DE SOLDADURA EN EL ÁREA DE *WATER* DE LA EMPRESA
*INDEPENDENCE DRILLING S.A.***

LILIANA CATHERYN ARIAS BORDA



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C
2015**

**ALTERNATIVAS PARA OPTIMIZAR LOS TIEMPOS Y COSTOS EN EL
PROCESO DE SOLDADURA EN EL ÁREA DE *WATER* DE LA EMPRESA
*INDEPENDENCE DRILLING S.A.***

LILIANA CATHERYN ARIAS BORDA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

**DIRECTOR
BRYAN DAVID ALARCON MEDINA**



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. Octubre de 2015

DEDICATORIA

A Dios que ha guiado mis pasos hacia esta meta tan añorada.
Con todo cariño y aprecio dedico esta investigación a mis padres y familia, por su presencia y apoyo constante en este camino hacia la profesionalización.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su acompañamiento durante estos días de guía en mi proyecto. A mi familia, por la constancia para animarme en los momentos difíciles que afronte, por su acompañamiento diario y afecto, son un pilar para cumplir esta nueva meta.

Al director de tesis, ingeniero **Bryan David Alarcón Medina**, por su asesoría y apoyo académico, quien siempre tuvo la disposición para despejar las dudas. A los Ingenieros Adolfo León y Jaime Rodríguez por todos los conocimientos impartidos durante el pregrado.

A la Fundación Universitaria Los Libertadores y al cuerpo de docentes, siempre dispuestos a brindarme sus experiencias y conocimientos para alcanzar esta meta tan añorada personal y profesionalmente.

Un muy especial agradecimiento al ingeniero *Munnir Saab*, Gerente de la empresa ***Independence Drilling S.A.***, porque sin todo su apoyo y conocimiento, este sueño no se hubiese materializado.

A todas aquellas personas, que a pesar de los debates, preocupaciones y sacrificios, estuvieron aportándome su apoyo para salvar cualquier inconveniente o reto, hasta lograr que el producto de este trabajo, fuera la satisfacción de aportar a la empresa una solución para la problemática que presentaba en su Área *Water*.

AUTORA

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN..... | 19 |
| 1. PROBLEMA..... | 21 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 21 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 22 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 22 |
| 1.4. DELIMITACIÓN | 23 |
| 1.4.1. Delimitación espacial..... | 23 |
| 1.5. OBJETIVOS..... | 24 |
| 1.5.1. Objetivo general..... | 24 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 24 |
| 1.6. ALCANCE | 25 |
| 2. MARCO REFERENCIAL | 27 |
| 2.1. ANTECEDENTES..... | 27 |
| 2.2. MARCO INSTITUCIONAL..... | 30 |
| 2.2.1. <i>Independence Drilling S.A.</i> | 30 |
| 2.3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL..... | 33 |
| 2.3.1. Agua subterránea | 34 |
| 2.3.2. Producción..... | 35 |
| 2.3.3. Productividad. Duarte (2015), refiere: | 36 |
| 2.3.4. Competitividad. Pineiro, (1993), afirma que: | 36 |
| 2.3.5. Estrategia empresarial..... | 36 |
| 2.3.6. Planeación de la capacidad..... | 37 |
| 2.3.7. Capacidad de producción..... | 37 |
| 2.3.8. Línea de Producción..... | 38 |

| | |
|---|----|
| 2.3.9. Ventajas de líneas de producción. | 39 |
| 2.3.10. Flexibilidad..... | 39 |
| 2.3.11. Diagrama de operaciones de proceso | 40 |
| 2.3.12. Diagrama de causa-efecto | 44 |
| 2.3.13. Diagrama de Pareto. Según Paredes (2012)..... | 46 |
| 2.3.14. Técnicas de análisis de datos | 47 |
| 2.4. MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO | 49 |
| 2.4.1. Marco legal | 49 |
| 2.4.2. Marco administrativo | 50 |
| | |
| 3. METODOLOGÍA | 52 |
| 3.1. TIPO INVESTIGACIÓN | 52 |
| 3.2. POBLACIÓN..... | 53 |
| 3.3 . MUESTRA | 53 |
| 3.4. FASES METODOLÓGICAS | 53 |
| 3.4.1. Fase I. Revisión bibliográfica y selección de fuentes/Selección de instrumentos y técnicas de medición..... | 53 |
| 3.4.2. Fase II. Descripción de procedimientos y tareas dentro del proceso operativo en el Área <i>Water</i> en la empresa <i>Independence Drilling S.A.</i> | 54 |
| 3.4.3. Fase III. Resultados y análisis..... | 54 |
| 3.4.4. Fase IV. Presentación de alternativas para optimizar tiempos y costos en el proceso de soldadura en el Área <i>Water</i> | 54 |
| 3.4.5. Fase V. Estudio de factibilidad financiero | 54 |
| | |
| 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS..... | 56 |
| 4.1. RESULTADOS DE LAS FASES METODOLÓGICAS | 56 |
| 4.1.1. Fase I. Revisión bibliográfica y selección de fuentes/Selección de instrumentos y técnicas de medición..... | 56 |
| 4.1.2. Fase II. Descripción de procedimientos y tareas dentro del proceso operativo del Área <i>Water</i> en la empresa <i>Independence Drilling S.A.</i> | 67 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.3. Fase III. Análisis de los resultados | 78 |
| 4.1.4. Fase IV. Presentación de alternativas para optimizar tiempos y costos en el proceso de soldadura en el Área <i>Water</i> | 83 |
| 4.1.5. Fase V. Estudio de factibilidad financiero | 99 |
| | |
| 5. CONCLUSIONES | 113 |
| | |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 114 |
| | |
| ANEXOS | 115 |
| | |
| REFERENCIAS | 121 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1.1. Ubicación espacial de empresa Independence Drilling S.A. | 23 |
| Figura 1.2. Ubicación espacial del Área de WATER en la empresa Independence Drilling S.A. | 24 |
| Figura 2.1. Estructura organizativa de Independence Drilling S.A. | 33 |
| Figura 2.2. Estadísticas mundiales del agua subterránea existente..... | 35 |
| Figura 2.3. Operaciones de proceso | 43 |
| Figura 2.4. Diagrama de causa-efecto | 44 |
| Figura 2.5. Diagrama de Pareto | 46 |
| Figura 4.2. Resultado porcentual de la encuesta..... | 57 |
| Figura 4.3. Lluvia de Ideas sobre problemática en la empresa Independence Drilling S.A. | 64 |
| Figura 4.4. Diagrama de Pareto | 66 |
| Figura 4.5. Diagrama de procesos | 67 |
| Figura 4.6. Procedimiento actual de la introducción del tubo al pozo..... | 71 |
| Figura 4.7. Alistamiento de cama y posterior soldada unión de acero inoxidable-acero al carbón | 72 |
| Figura 4.8. Filtros de acero inoxidable donde el agua penetra y puede ser bombeada a superficie | 75 |
| Figura 4.9. Tubería de revestimiento acero al carbón | 75 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.10. Soldada de tramos de tubería de acero al carbón con filtros se acero inoxidable..... | 76 |
| Figura 4.11. Introducción del tubo al pozo | 78 |
| Figura 4.12. Punteado y pulido de tubería 8” | 79 |
| Figura 4.13. Tubería 10” armada..... | 81 |
| Figura 4.14. Tubería 16” armada..... | 81 |
| Figura 4.15. Soldada tubería 16” | 83 |
| Figura 4.16. Preparación de tubo acero al carbón 8” SCH 40 y Calibración de velocidad..... | 87 |
| Figura 4.17. Acabado y presentación del tubo de 8” acero al carbono SCH 40 soldadura más limpia con poca presencia de escoria (pepas) | 87 |
| Figura 4.18. Soldadura de tubo acero al carbono 10” SCH 40” | 89 |
| Figura 4.19. Foto 14 Soldado de tubería acero al carbón 10” sobre el girador | 90 |
| Figura 4.20. Soldada tubo de acero al carbono 16” SCH 40 | 91 |
| Figura 4.21. Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 24, 2 Minutos | 92 |
| Figura 4.22. Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 29,3 Min .. | 93 |
| Figura 4.23. Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 45,3 Min .. | 94 |
| Figura 4.24. Porcentaje horas consumo “Propuesta Vs Proceso actual” | 105 |
| Figura 4.25. Alistamiento de equipo semiautomático de soldadura | 106 |
| Figura 4.26. Aplicación de los dos tipos de soldadura Tubería 8” | 107 |
| Figura 4.27. Porcentaje horas consumo “proceso actual vs propuesta” | 109 |

Figura 4.28. Girador de tubería111

Figura 4.29. Soportes de tubería.....111

Figura 4.30. Levantador de Tubería112

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 2.1.Política Organizacional de Independence Drilling S.A..... | 31 |
| Tabla 2.2. Correlación de técnicas e instrumentos | 48 |
| Tabla 4.1. Tabulación de la encuesta aplicada a la muestra poblacional | 57 |
| Tabla 4.2. Soldadura utilizada según tipo de unión | 62 |
| Tabla 4.3. Datos recolectados del diagrama de causa-efecto..... | 64 |
| Tabla 4.4. Corte y biselado de tubería de acero al carbón de 8” SCH 40 | 78 |
| Tabla 4.5. Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 10” SCH 40 | 79 |
| Tabla 4.6. Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40 | 81 |
| Tabla 4.7. Soldada de tubería de acero al carbono de 8” SCH 40 | 82 |
| Tabla 4.8.Soldada de tubería de acero al carbono de 10” SCH 40 | 82 |
| Tabla 4.9. Soldada de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40 | 82 |
| Tabla 4.10.Soldadura propuesta | 85 |
| Tabla 4.11. Soldada de tubería de acero al carbono de 8” SCH 40 | 85 |
| Tabla 4.12. Soldada de tubería de acero al carbono de 10” SCH 40 | 88 |
| Tabla 4.13: Soldada de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40 | 90 |
| Tabla 4.14. Costo de la Soldadura | 99 |
| Tabla 4.15. Costo Maquinaria | 100 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.16. Cantidad de juntas proceso Horizontal Tubería acero al Carbono 10” | 101 |
| Tabla 4.17. Cantidad de juntas proceso Horizontal Tubería acero al Carbono 14” | 101 |
| Tabla 4.18. Total días Soldadura Proceso Horizontal Actual Tubería 10”..... | 101 |
| Tabla 4.19. Total días Soldadura Proceso Horizontal Actual Tubería 14”..... | 101 |
| Tabla 4.20. Total días soldadura proceso Horizontal Propuesta Tubería 10” | 102 |
| Tabla 4.21. Total días soldadura proceso Horizontal Propuesta Tubería 14” | 102 |
| Tabla 4.22. Total Horas utilizadas en los dos procesos “actual Vs Propuesta”.... | 102 |
| Tabla 4.23. Cantidad de juntas proceso Vertical Actual | 103 |
| Tabla 4.24. Cantidad de juntas proceso Vertical Propuesta | 103 |
| Tabla 4.25. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Actual | 103 |
| Tabla 4.26. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Propuesta..... | 103 |
| Tabla 4.27. Total Horas utilizadas en los dos procesos “actual Vs Propuesta”.... | 104 |
| Tabla 4.28. Diferencia en costos | 104 |
| Tabla 4.29. Diferencia en mano de obra. | 104 |
| Tabla 4.30. Cantidad de juntas del proceso vertical actual..... | 107 |
| Tabla 4.31. Total juntas 22-Proceso Vertical | 107 |
| Tabla 4.32. Total días y/o Horas-Soldadura Proceso Vertical Actual | 108 |
| Tabla 4.33. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Propuesta..... | 108 |
| Tabla 4.34. Total Horas utilizadas en los dos procesos “actual Vs Propuesta”.... | 108 |

Tabla 4.35. Diferencia en mano de obra109

LISTA DE ECUACIONES

| | Pág. |
|--|------|
| Ecuación 4.1. Determinación del abatimiento de un pozo | 74 |
| Ecuación 4.2. Determinación del nivel estático promedio de la zona | 74 |
| Ecuación 4.3. Determinación del nivel estático promedio de la zona | 74 |
| Ecuación 4.4. Determinación del diámetro del filtro | 75 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo A. Encuesta a soldados empresa Independence Drilling S. A | 116 |
| Anexo B. Ley 99 de 1993 | 118 |
| Anexo C. Decreto –Ley 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente)..... | 119 |
| Anexo D. Decreto Reglamentario 1541 de 1978..... | 120 |

RESUMEN

La estructura del informe final del proyecto de grado que se presenta a continuación se diseñó de la siguiente manera:

El capítulo 1, contempla la descripción, formulación, justificación y delimitación de la problemáticas, seguida del establecimiento del de un objetivo general y unos objetivos específicos a alcanzar una vez desarrollada la tesis.

Inmediatamente se levantaron las bases teóricas que se consignan en el Capítulo 2 y abarcan los antecedentes, más los marcos teórico conceptual, institucional, legal y administrativo que se construyeron para ampliar y aclarar la temática seleccionada.

Luego se aplican técnicas e instrumentos para la recopilación de información, se desglosan las fases metodológicas que se realizaron en el trabajo ingenieril para la búsqueda de los objetivos y la solución de la problemática.

Finalmente se consignan los resultados obtenidos, con su respectivo análisis e interpretación de los mismos, se exponen el producto de la implementación propuesta desarrollando cada fase metodológica delimitada y se presentan las conclusiones y recomendaciones por parte de la autora.

Palabras claves: Proceso de Soldadura Semiautomática, Área de *Water*, soldadura, biselado, corte, tubería, pozos, aguas subterráneas.

ABSTRACT

The structure of the final report of the degree project presented below was designed in the following way: Chapter 1, includes description, formulation, justification and delimitation of the issues, followed by the establishment of a general objective and specific objectives to achieve developed once the thesis.

Immediately rose theoretical bases which are set out in Chapter 2 and include the background, most frameworks conceptual, institutional, administrative and legal theorist that were built to expand and clarify the selected theme.

Then apply techniques and instruments for the collection of information, broken down methodological phases that were made in the engineering work for the pursuit of the goals and the solution of the problem.

Finally contains the results obtained, with their respective analysis and interpretation, are the product of the implementation proposal to developing each delimited methodological phase, and presents the conclusions and recommendations from the author.

Keywords: *semi-automatic welding, Water Area, welding, Beveling, cutting, pipe, wells, groundwater*

INTRODUCCIÓN

Actualmente el ambiente competitivo en el que se envuelven las organizaciones obligan a que estas sean cada vez más competitivas y mejores en su funcionamiento, buscando una optimización completa en sus procesos, esta situación se debe tanto a la globalización de los mercados, como la incursión de nuevas empresas extranjeras en el país. Para lograr un alto nivel de competitividad, las empresas formulan objetivos enfocados a este campo y emplean todos los recursos necesarios para el cumplimiento de ellos.

Las empresas buscan evolucionar y utilizar nuevas tecnologías en sus procesos productivos, ya que estos son la base para mejorar e incrementar la capacidad de producción de muchas industrias sin importar su actividad económica.

Es indispensable entender que una empresa que desee mantenerse en el mercado actual se ve presionado a utilizar procesos adecuados para seguir participando en una sociedad que cada día es más exigente a la hora de adquirir un producto o un servicio.

Hoy en día la productividad, una distribución en planta, un riguroso análisis de tiempos, una seguridad industrial y una excelente calidad, son consideraciones de interés nacional, el propósito fundamental de una empresa u organización es mejorar su participación en el mercado, cumpliendo las expectativas de los clientes y así incrementar su capacidad competitiva día a día.

A nivel de empresas aquellas, que logren un nivel de productividad mayor al del promedio nacional de su industria, tienden a contar con mayores márgenes de utilidad, y si dicha productividad crece más rápidamente que el de la competencia los márgenes de utilidad se incrementara aún más. En tanto para aquellas cuyos niveles y tasas de crecimiento de productividad sean notablemente inferiores

corren graves riesgos respecto a su competitividad y permanencia en el mercado, de ahí la importancia de desarrollar modelos de productividad dentro de la organización.

Por todo lo anterior, el presente trabajo tiene por objetivo realizar un estudio para el mejoramiento de la soldada de tubería para el área de *Water* de la empresa ***Independence Drilling S.A.***, organización que ha crecido paulatinamente en el sector gracias a su alta demanda y calidad a la hora de la extracción de aguas subterráneas.

Ese crecimiento se refleja en la línea de producción, que durante los últimos años ha venido presentando problemas como tiempos excesivos en la soldadura de tubería de acero al carbono y filtros de acero inoxidable, condiciones de trabajo no adecuadas para el buen desenvolvimiento de soldador, cero ayudas mecánicas lo que origina niveles bajo de eficiencia, y otras causas que fueron identificadas en el estudio y que se presentan en el proceso en general.

El desarrollo del estudio, caracterizó la situación actual del proceso, en cuanto a tiempos, análisis de operaciones y del recurso humano, abarcando desde la llegada de la tubería a campo, hasta la soldada de la misma para entrar al pozo, finalizando con la identificación de la problemática para posteriormente plantear alternativas de mejora en el proceso.

Para finalizar se realizó un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad financiera de las alternativas de mejora, además del presupuesto necesario para su implementación y puesta en marcha del proyecto.

1. PROBLEMA

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las organizaciones actuales tienen un carácter cambiante y dinámico, por lo que deben mejorar constantemente los procesos operativos, para satisfacer y responder a las necesidades de los clientes cada vez más exigentes, para lo que potencializan tanto los recursos físicos, con mayor relevancia los recursos humanos, enfocándose con mayor atención en la calidad del servicio.

Lo primero, porque así lo exige el avance de las nuevas tecnologías, que desafía a toda organización a utilizar dichos recursos y en cuanto a lo humano, es necesario que el personal que lleva a cabo la operación, tengan el espíritu competitivo requerido en el sector empresarial colombiano, para poder crecer y sobresalir en gremio o campo de desarrollo de su objeto social: en el caso que ocupa este proyecto, la extracción de aguas subterráneas.

Tan es así que en el desarrollo socio económico del país, se destacan las empresas altamente competitivas, que muestran los más altos estándares de calidad, por ello a través del desarrollo del presente proyecto de grado, se brinda el conocimiento ingenieril a la empresa ***Independence Drilling S.A.***, en su Área *Water*, para que a través de la revisión de los procesos productivos que la conforman, se establezca, que tan necesario resulta, implementar un rediseño en cuanto a las procedimientos y tareas, a su trazabilidad y cambios que debiera experimentar dicho proceso operativo, aportando en forma relevante, para que la empresa, pueda corregir fallas tales como:

1. Falta de ayudas mecánicas en el pre-alistamiento de los tubos a soldar.
2. Tiempos excesivos e incumplimiento en la soldadura de la tubería en pozos.

3. Posiciones ergonómicamente inadecuadas del operador a la hora de soldar.
4. Costos excesivos en mano de obra y en producción.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la descripción anterior de la problemática se planteó como pregunta orientadora del desarrollo del presente trabajo de grado, la siguiente:

¿Cuáles serían las alternativas para optimizar los tiempos y costos en el Proceso de soldadura en el Área *Water* de la empresa ***Independence Drilling S.A.***?

1. JUSTIFICACIÓN

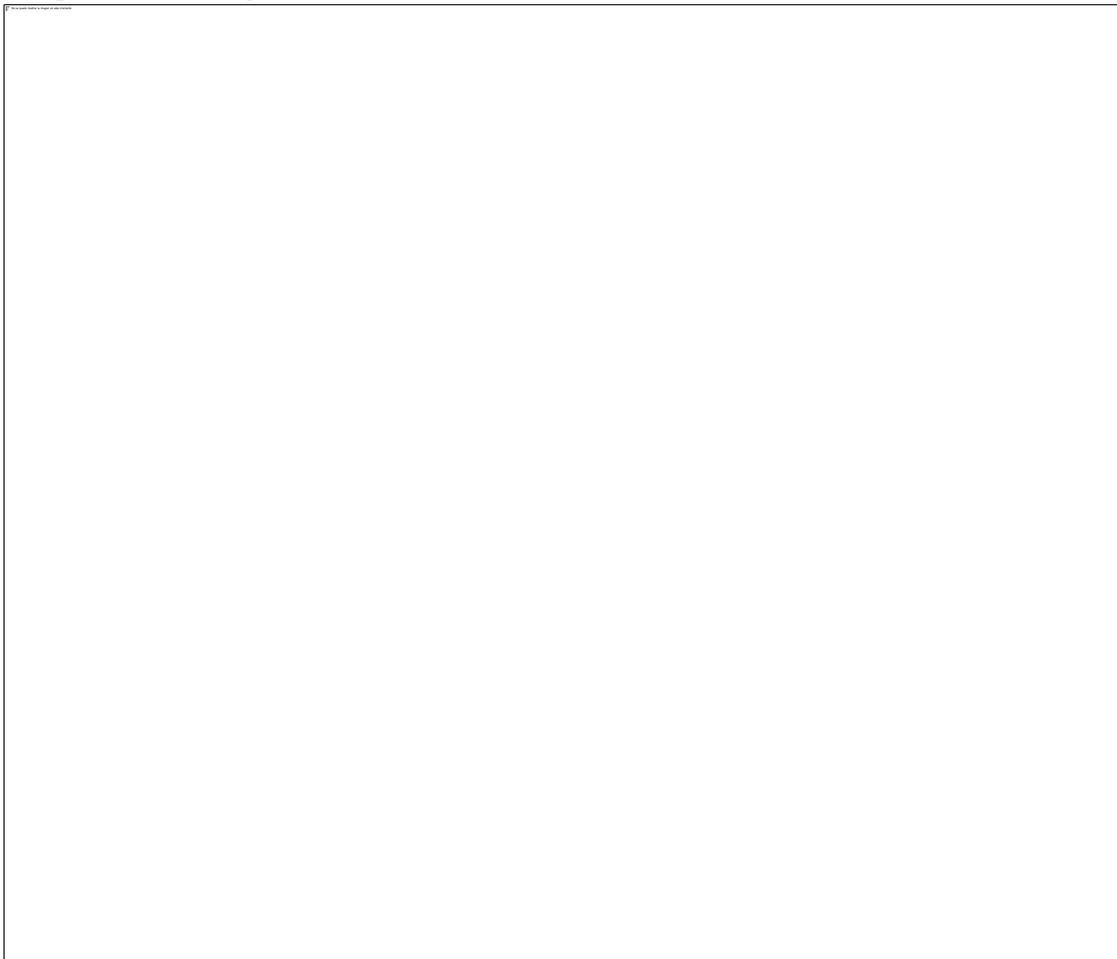
La empresa ***Independence Drilling S.A.***, entendiéndose que debe solucionar la problemática que se identificó en el Área de *Water*, justifica la intervención de la parte ingenieril para mejorar el proceso operativo y de producción que allí se desarrolla y dar solución a las causas de los tiempos y costos excesivos para la operación diaria.

Así mismo la autora, toma la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos y justifica su trabajo en la necesidad de aportar todo su conocimiento, obtenido durante la carrera del pregrado y validar el alcance de su formación en el Área de Ingeniería Industrial para optar el título profesional que le otorga la Fundación Universitaria Los Libertadores y que la posibilita a desempeñarse en los campos de acción que tienen para esta ingeniería, las empresas que reconocen que la reingeniería y mejora de sus procesos esenciales es esencial, si dentro de sus metas esta, posicionarse, sostenerse, crecer y satisfacer al cliente final.

2. DELIMITACIÓN

1. Delimitación espacial. La empresa *Independence Drilling S.A.*, se encuentra ubicada en el km 3 de la vía Funza- Siberia, en el Departamento de Cundinamarca. Ver figura 1.1.

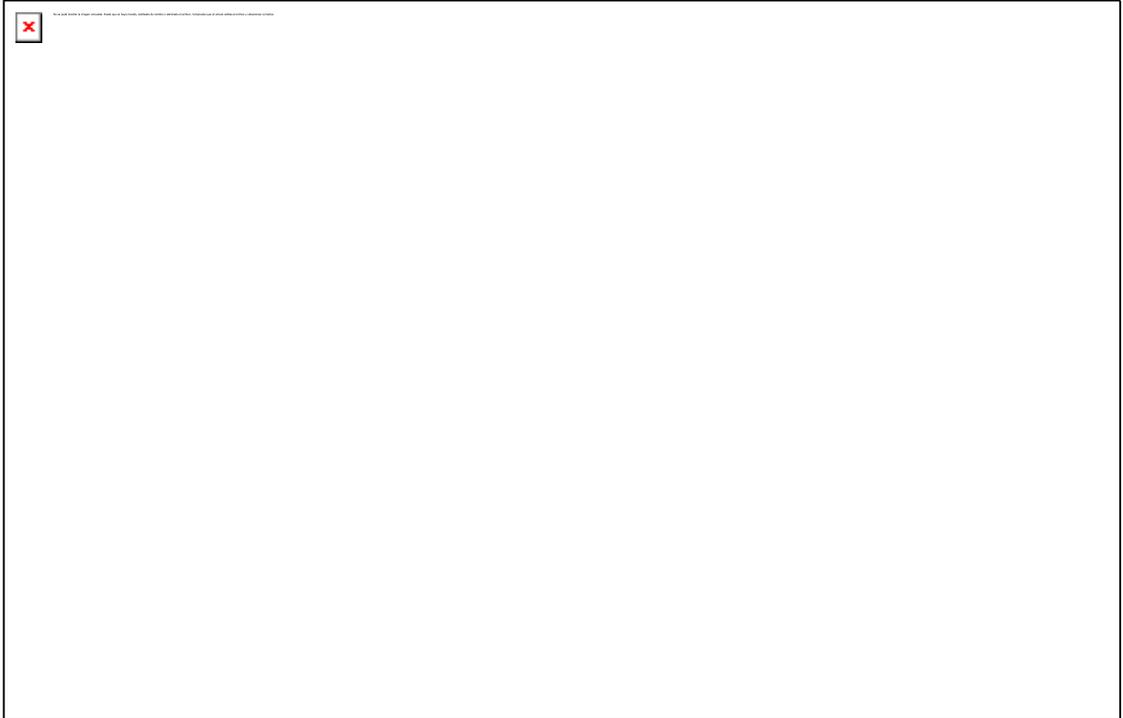
Figura 1.;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**1. Ubicación espacial de empresa Independence Drilling S.A.**



Fuente: autora

La ubicación del Área de **Water**, al interior de la empresa **Independence Drilling S.A.**, se presenta en la figura 1.2., a continuación.

Figura 1. ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. **2. Ubicación espacial del Área de WATER en la empresa Independence Drilling S.A.**



Fuente: Autora

3. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Presentar alternativas para optimizar en tiempos y costos el Proceso de Soldadura en el Área *Water* de la empresa ***Independence Drilling S.A.***?

2. Objetivos específicos

1. Conocer tiempos reales de producción que conllevan los procedimientos de corte, biselado y soldadura (unión) de tubería de acero al carbono, en los diámetros de 8", 10" y 16" SCH 40.
2. Determinar la cantidad de electrodos *west* arco 7018-5/32" por unión a soldar y a su vez el desperdicio que genera el uso de electrodo revestido.
3. Colocar en uso de una cortadora y biseladora para diferentes diámetros de tubería, además dispositivos que levanten, alineen y giren tubería de diferentes diámetros y pesos.
4. Implementar un proceso semiautomático de soldadura auto-protegida, es decir aquella que no utiliza gases, disminuyendo tiempos en la operación.
5. Realizar un comparativo de tiempos y costo-beneficio en las tareas del proceso antes y después de implementado.

1. ALCANCE

El desarrollo del proyecto de grado, una vez implementado tiene los siguientes alcances:

6. Los procedimientos que corresponden al levantamiento, al corte, biselada y soldadura de tubos, desde la implementación, se realizaran con las ayudas mecánicas como: levantador de tubería, soportes para corte y biselada y girador de tubos.
7. La reducción significativa del tiempo de operación de los procedimientos de levantamiento, al corte, biselada y soldada de tubos.

8. Corregir las posiciones ergonómicamente inadecuadas del operador al desarrollar las tareas que corresponden al proceso a implementar.
9. Eficiencia y eficacia durante todo el tiempo de realización (mano de obra y en producción), manifiesta en la satisfacción del cliente.

10. MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

Para competir en el sector de la industria en Colombia y en todo el mundo, las organizaciones industriales deben adaptar sus procesos de todo tipo, en lo que corresponde a los avances técnicos, tecnológicos o cualquiera que se requiera para crecer y posicionarse, asegurando la continuidad en el mercado futuro.

Es tan importante mantenerse actualizado y abiertos a toda tendencia o plan estratégico que aporte al mejoramiento de los procesos que lo requieran, para hacer que la producción, al tiempo que satisface al cliente, garantice la permanencia en el mercado, todo bajo los estándares de calidad que le darán competitividad frente a los demás organizaciones en el ramo. Dicha necesidad ha derivado estudios, investigaciones y varias conferencias y/o foros sobre la temática, dictados y expuestos en diferentes capitales del país, que se basan lógicamente en las teorías que se explican a continuación:

1. **Foro internacional del desarrollo económico, productividad y competitividad para ciudades.** Se enfocó en la parte económica de la ciudad y el aporte de cada ciudadano para construir un futuro en una Colombia altamente competitiva y eficaz. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010)
2. *Blau* (1993): descubrió que los componentes de la motivación contribuían al rendimiento laboral, pero también que la combinación de ambos era muy importante en la productividad de una empresa
3. **Consejo Nacional de Investigaciones de Chicago** (1927) inició un experimento en una fábrica de la *Western Electric Company*, en el barrio de

Hawthorne de Chicago, para determinar la relación entre la intensidad de la iluminación y la eficiencia de los obreros en la producción. Experimento que se volvería famoso, coordinado por Elton Mayo y cuyo experimento arrojó un aumento en la productividad.

1. **Lefcovich** (2003) citando a la obra de *Kaizen1*: refiere que:

Trata sobre los continuos y acelerados cambios en materia tecnológica, conjuntamente con la reducción en el ciclo de vida de los bienes y servicios, la evolución en los hábitos de los consumidores; los cuales poseen cada día más información y son más exigentes, sumados a la implacable competencia a nivel global que exige a las empresas mayores niveles de calidad, acompañados de mayor variedad, y menores costes y tiempo de respuestas, requiere la aplicación de métodos que en forma armónica permita hacer frente a todos estos desafíos.

2. **Cabrera** (2009), cita a Juran (2001), habla de tres tipos de costos refiriendo que:

Los costos de las fallas internas, costos de las fallas externas y costos de prevención. Manifiesta que se puede lograr que estos costos disminuyan sobre una base continua. Ciertamente, es una forma de atraer la atención de la Alta Dirección para que inicie un programa de mejoramiento de la calidad, es decir, para que éste se enfoque en el dinero desperdiciado. En muchas empresas, ésta es la única forma de atraer la atención de la gente. A consideración de este autor, los enfoques de mejora están impulsados por las actuales necesidades de generación de ventajas competitivas que exigen los rápidos movimientos del mercado actual.

3. **Cabrera** (2009) al igual, cita a *Harrington* (1991), afirma que:

El mejoramiento del proceso en la empresa (MPE) es una metodología sistemática que se ha desarrollado con el fin de ayudar a una organización a realizar avances significativos en la manera de elegir sus

1 La mejora continua aplicada a la calidad, productividad y reducción de costos

procesos. Esta metodología ataca el corazón del problema de los empleados de oficinas en los Estados Unidos, al centrarse a eliminar el desperdicio y la burocracia. También ofrece un sistema que le ayudará a simplificar y modernizar sus funciones y, al mismo tiempo, asegurará que sus clientes internos y externos reciban productos sorprendentemente buenos.

El principal objetivo consiste en garantizar que la organización lleve a cabo procedimientos dentro de los Procesos principales con los que pueda:

1. Eliminar los errores.
2. Minimizar las demoras.
3. Maximizar el uso de los activos.
4. Promover el entendimiento.
5. Hacer fácil el empleo.
6. Ser amistosos con el cliente.
7. Ser adaptables a las necesidades cambiantes de los clientes.
8. Proporcionar a la organización una ventaja competitiva.
9. Reducir el exceso de personal.

El diseño presentado por el autor Cabrera (2009) tiene como precedentes las metodologías y/o etapas propuestas por *Harrington* (1991); *Heras* (1996); *Trishier* (1998), *Zaratiegui* (1999) y *Amozarrain* (1999), a la vez que consideran que, normalmente, un proyecto de mejora de procesos se compone de tres fases: análisis del proceso, diseño del proceso e implementación del mismo y tiene de hecho, como objetivos:

1. Crear procesos que respondan a las estrategias y prioridades de la empresa.
2. Conseguir que todos los miembros de la organización se concentren en los procesos adecuados
3. Mejorar la efectividad, eficiencia y flexibilidad del proceso para que el trabajo se realice mejor, de una forma más rápida y más económica.
4. Crear una cultura que haga de la gestión de procesos una parte importante de los valores y principios de todos los miembros de la organización.

Estas teorías tienen como base hacer un análisis enfocado en el proceso de tal manera que asegure un éxito total en las propuestas de cambio y lograr con ellos los objetivos trazados para la mejora en la producción.

2.2. MARCO INSTITUCIONAL

2.2.1. *Independence Drilling S.A.* Según los archivos de la empresa se puede presentar de la siguiente manera:

5. **Reseña histórica.** En el año 1980, su fundador Miguel Saab inspirado en la majestuosidad de un barco materializó su sueño y lo llamó *Independence*. Hoy la empresa cuenta con más de 1800 trabajadores en todo el territorio colombiano, todos preparados para lograr nuevas y mejores conquistas.

Independence Drilling S.A., es una empresa 100% colombiana dedicada a la extracción de petróleo, gas y agua cuanto con 34 años de experiencia lo que la ha convertido actualmente en una de las empresas colombiana más sólidas y rentables. En el año 1980, la familia Saab decidió estandarizar un sueño con pasión, con ganas y sin miedo fomentando y persistiendo día a día en crecer pero este crecimiento vendría de la mano de factores muy importantes para cualquier organización como lo son: los trabajadores (productividad, persistencia, compromiso, honestidad, autodisciplina, responsabilidad, respeto) esto ha traído consigo grandes beneficios para la organización como lo es una operación segura, sana limpia y productiva en su operación durante el transcurso de los años.

6. **Objetivos organizacionales.**
Contempla los siguientes:

1. Hacia adentro

1. Excelencia organizacional

Cliente

- *Competentes y con valores
- *Cultura Independence excelentes seguros y limpios
- *Estándares mundiales

Procesos

- *Excelencia operacional
- *Gasto justo y cuidado de equipos
- *Procesos excelentes seguros y
- *Estándares mundiales

2. Hacia afuera

1. Crecimiento

Cliente mercado

- *Satisfacción clientes
- *Crecimiento en el mercado
- *Innovación
- *Expansión geográfica

Financiero

- *Aumento en ventas
- *Aumento rentabilidad

2. **Política Organizacional.** Se base en las directrices que se exponen en el Tabla 2.1., a continuación:

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**1.Política Organizacional de Independence Drilling S.A**

| | ¿Hacemos lo correcto...? |
|------------------------------------|---|
| ...Como organización | Nuestra cultura se centra en los valores. Genera pertenencia orgullo y bienestar. |
| ...Con nuestra gente | Atraemos, desarrollamos y mantenemos el talento humano. |
| ...Con nuestros clientes | Conocemos las expectativas y objetivos de nuestros clientes aportar al logro de sus resultados. |
| ...Con nuestros proveedores | Promovemos el desarrollo de nuestros proveedores y promovemos las compras locales. |
| ...Con el medio ambiente | Prevenimos, compensamos y restauramos el impacto que podamos causar al medio ambiente y al patrimonio histórico, arqueológico y cultural de nuestras áreas de influencia. |
| ...Con el estado | Apoyamos las iniciativas del estado para ser actores del desarrollo del país. |
| ...Con las comunidades | Reconocemos las necesidades de las comunidades. |
| ...Con nuestros accionistas | Generamos crecimiento y rentabilidad de manera sostenible. |

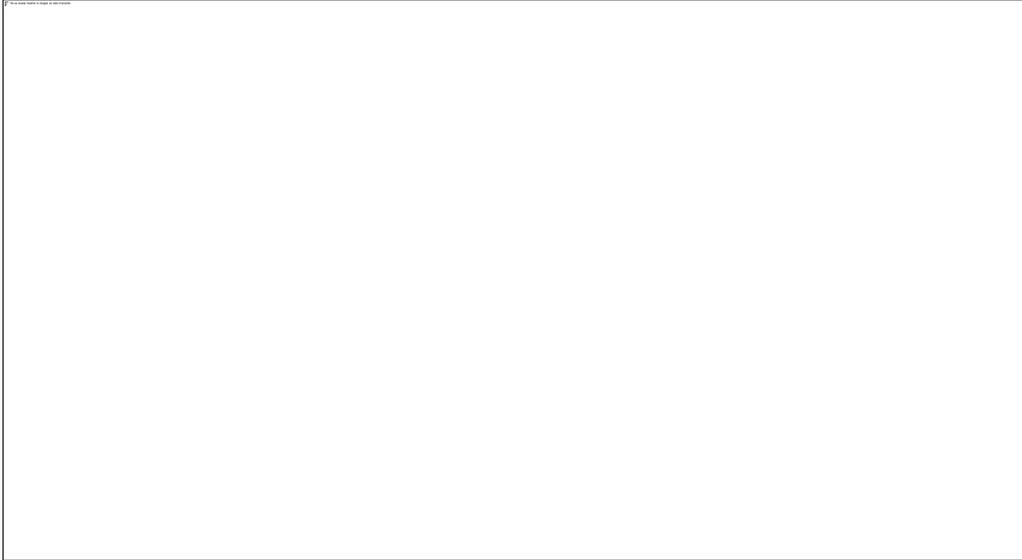
Fuente: archivo *Independence Drilling S.A.*

1. **Visión:** ser la corporación líder con presencia internacional de mayor crecimiento sostenible en los mercados en los que participa.
2. **Misión:** generar desarrollo sostenible y bienestar en los sectores de energía, agua, minería e infraestructura garantizando productos y

servicios excelentes e innovadores, con un equipo humano íntegro y competitivo.

3. **Estructura organizativa de la empresa:** en la figura 2.1., se ilustra la organización bajo la cual se estructura la empresa.

Figura ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**3. Estructura organizativa de Independence Drilling S.A.**



Fuente: archivo *Independence Drilling S.A.*

Independence Water, puede catalogarse como especialista en soluciones integrales para la extracción y manejo del agua subterránea y diseñadores de sistemas de riego para el sector agroindustrial y perforadores de pozos estratigráficos y hueco abierto, así mismo expertos en corazonamiento para el sector minero energético.

1. **Servicios:** la empresa ofrece servicios tales como:

1. Asesoría y consultoría.
2. Construcción de obra civil.
3. Contratos de suministros de agua potable (agua en bloque)
4. Desarrollo de *clúster* agroindustriales, incorporando proyectos de irrigación.
5. Perforación de pozos profundos y mantenimiento.
6. Tratamiento de agua potable, residual e industrial.
7. Recuperación de núcleos por corazonamiento.
8. Sistema de riego.

2.3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Para la realización de este proyecto se deben definir términos y conceptos que permitan aclarar, ampliar y exponer con mayor precisión la temática propuesta y por esta razón a continuación se relacionan, así:

1. Agua subterránea: Según el Centro de Gestión de Mercados, Logística y TIC´S-SENA (2012) el concepto de aguas subterráneas sería.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo en el cual el agua de la tierra se mueve en sus diferentes estados a través de los océanos, la atmósfera, la superficie del suelo y el subsuelo.

El ciclo no tiene ni principio ni fin. El agua toma la energía de los rayos del sol para transformarse en los tres estados y se desplaza por la acción de la gravedad.

Importancia del agua subterránea. El agua subterránea tiene y continuará teniendo un importante papel en la satisfacción de las necesidades de agua de la población humana y de sus actividades económicas, estéticas y recreativas, al tiempo que es un factor esencial en la conservación del medio ambiente, en especial de los humedales. No es un recurso de agua aislado sino estrechamente relacionado con otros a través del ciclo hidrológico pero con características que lo hacen especialmente atractivo, asequible, evaluable y merecedora de conservación, protección y restauración.

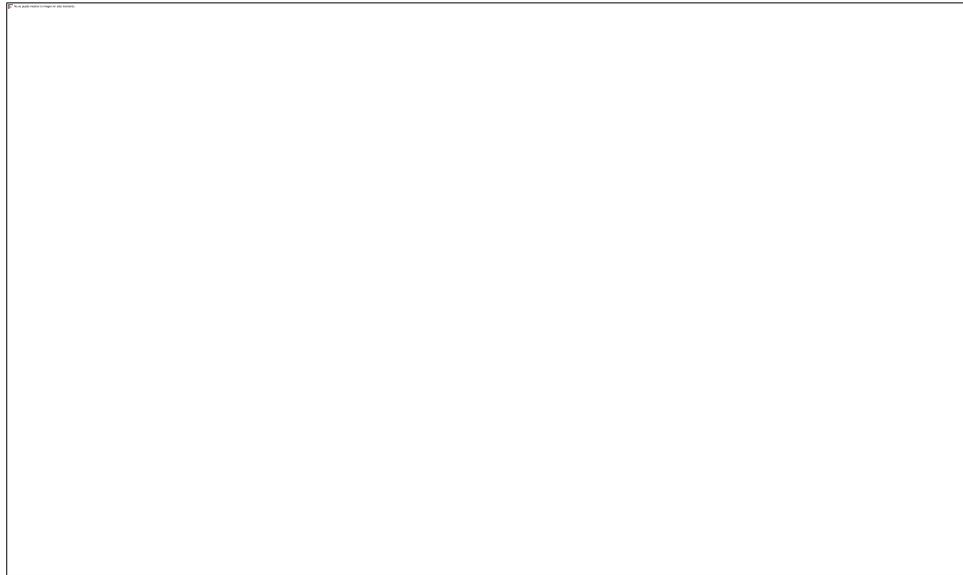
Algunas de las ventajas más importantes son:

En general, un alto volumen de almacenamiento que hace que su cantidad y calidad estén menos afectadas por los cambios en el régimen de lluvias y sean reservas de gran valor en sequías y situaciones de emergencia.

- Regularidad en su composición química, biológica y de temperatura. Frecuente disponibilidad en el lugar o cerca del lugar donde se produce la demanda de agua.
- Con elementos de captación (pozos profundos) y transporte (tuberías de conducción) que suponen inversiones moderadas frente a las grandes obras de regulación, captación y tratamiento de aguas superficiales.
- Mayor protección contra la contaminación generada por la actividad humana.

1. Estadísticas mundiales: el **96%** del agua disponible en el planeta para consumo es de origen subterráneo. Ver figura 2.2.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**4. Estadísticas mundiales del agua subterránea existente**



Fuente: <http://www.independencia.com.co/perforacion/nuestros-servicios/water/>

2. Soluciones en agua subterránea: se dan de dos tipos:

1. Primaria: como fuente exclusiva para satisfacer las necesidades de agua de la población.

2. Secundaria: complementa el sistema principal de acueducto para responder a la demanda o atender poblaciones remotas.

3. Plan de contingencia: funciona como alternativa que responde en casos de emergencia por colapso del sistema principal, por desastres naturales, épocas de sequía, derrames químicos etc.

1. **Agrícola:** responde como solución principal o secundaria a las necesidades del sector agroindustrial.

2.3.2. Producción. Según Islas (2013), se puede definir de la siguiente manera:

Es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y al mismo tiempo la creación de valor, más específicamente es la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo de tiempo determinado.

Desde un punto de vista económico, el concepto de producción parte de la conversión o transformación de uno o más bienes en otros diferentes. Se considera que dos bienes son diferentes entre sí cuando no son completamente intercambiables por todos los consumidores.

1. Productividad. Duarte (2015), refiere:

En el campo de la economía, se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierte en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema.

2. Competitividad. Pineiro, (1993), afirma que:

La competitividad es un concepto que no tiene límites precisos y se define en relación con otros conceptos. La definición operativa de competitividad depende del punto de referencia del análisis -nación, sector, firma-, del tipo de producto analizado -bienes básicos, productos diferenciados, cadenas productivas, etapas de producción- y del objetivo de la indagación -corto o largo plazo, explotación de mercados, reconversión, etcétera

3. Estrategia empresarial. Moreno (2015) refiere en cuanto a esta definición:

La estrategia empresarial ha alcanzado en la última década la importancia que se merece, su estudio y aplicación en el mundo empresarial es imprescindible para conseguir, alcanzar y mantener una ventaja competitiva que permita obtener un rendimiento aceptable en los negocios y asegurar una continuidad de futuro.

4. Planeación de la capacidad. Según Sapag y Sapag (ob. cit.), las decisiones de planeación de la capacidad en general incluyen las actividades siguientes:

2. Evaluación de la capacidad existente.
3. Estimaciones futuras de capacidad en un horizonte de planeación seleccionada.
4. Identificación de modos alternativos para modificar la capacidad.
5. Evaluación económica y tecnológica de las alternativas de capacidad.

Cuando los gerentes de operaciones piensas en la capacidad deben considerar los insumos de recursos y los productos fabricados. Esto se debe a que, para efectos de planeación, la capacidad real depende de lo que se piense producir.

Un ejemplo; una empresa que fabrica múltiples productos inevitablemente producirá más de una clase de ellos que de otra con una cantidad determinada de recursos. Por lo tanto, aun cuando los gerentes de una fábrica de automóviles declaren que sus instalaciones tienen 6mil horas por hombre disponible al año, también están pensando que las pueden usar para fabricar 150 mil modelos de dos puertas o 120 mil modelos de cuatro puertas.

Ello refleja que saben lo que sus insumos de tecnología y de fuerza de trabajo pueden producir y conocer la mezcla de productos que exigirán a estos recursos.

1. Capacidad de producción. Miranda (2010) la definiría de la siguiente manera:

La capacidad de producción determina factores como tiempos, unidades, recursos que serán utilizados en la transformación de materiales u objetos en un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta la demanda del mercado, la suficiencia y la disponibilidad de los recursos físicos e intangibles de la empresa.

Para determinar la capacidad productiva, además de considerar la inversión llevada a cabo, hay que tener presente las siguientes consideraciones:

1. **Predecir con exactitud la demanda.** Es fundamental para determinar la capacidad productiva que requiere la organización. Cuando se lanza al mercado un nuevo producto es preciso establecer sus perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La empresa debe de tener claro, además de los niveles de venta que se prevean alcanzar, los productos que tiene pensado eliminar y cuales va a añadir.
2. **La tecnología y los aumentos de capital.** Al inicio las alternativas pueden ser muchas, pero determinada la cantidad a producir, las decisiones sobre tecnología vienen ayudadas por el análisis de los recursos humanos necesarios, fiabilidad, calidad, costes, etc. Esta evaluación permite disminuir el número de alternativas. La tecnología puede establecer el incremento necesario de capacidad productiva. En una organización la persona encargada de la tecnología y de determinar el aumento exacto de capacidad es el director de operaciones.
3. **Determinar el volumen óptimo de producción.** Las decisiones nombradas anteriormente sobre tecnología e incrementos de capacidad establecen el tamaño óptimo de los equipos e instalaciones de una empresa.
4. **Adaptación al cambio.** En la actualidad se producen mejoras y avances continuamente, el progreso es inevitable. Por ello, las organizaciones deben de introducir flexibilidad en su sistema productivo. Deben de determinar si es posible adaptarlo a distintos aumentos o disminuciones de ingresos, en relación a los riesgos potenciales.

1. Línea de Producción. Según Cardona y Butrón (2010) refieren:

Es un seguimiento de componentes discretos, que pasan de una estación de trabajo a otra a un ritmo controlado, siguiendo la secuencia requerida para la fabricación del producto.

Características de una Línea de Producción. Esta debe tener:

1. Mínimo tiempo ocioso en las estaciones.
2. Alta cantidad (tiempo suficiente para que los operadores terminen el trabajo).
3. Costo de capital mínimo.
4. transporte entre estaciones sin medio de transportación.
5. velocidades de transportación diferentes entre estaciones.
6. almacenes entre las operaciones o transportaciones.

2.3.9 Ventajas de líneas de producción. Según Cardona y Butrón (2010) refieren:

1. Genera aceptación y sentido de pertenencia entre los integrantes de cada estación
2. Reduce el tiempo de producción
3. Es más fácil detectar errores en la producción
4. Aumenta la productividad
5. Reduce el costo de calidad
6. Reduce inventarios (materiales comprobados, obra en proceso, productos terminados).

1. Flexibilidad. Según Martínez (2007), refiere:

Se considera la característica principal de una forma de producción denominada “postfordista”, etiqueta que pretende marcar las diferencias respecto de un período anterior conocido como “forista”.

Una de las principales ideas de la especialización flexible es que en la medida en que la demanda es cambiante, la organización tiene que ser lo suficientemente flexible como para enfrentar la variabilidad de la demanda.

1. Ópticas de la flexibilidad. Se contemplan las siguientes:

1. **Flexibilidad del producto:** partiendo de un volumen fijo de producción una empresa es más flexible si produce una mayor variedad de productos.

2. **Flexibilidad del volumen:** si se logran variaciones en el nivel de producción, aumentando o disminuyendo la velocidad de la línea de producción, la empresa es más flexible.

3. **Flexibilidad de las líneas o procesos de producción:** en la medida en que se logre una división del trabajo que maximice la producción, consecuencia de una buena disponibilidad de trabajadores y de máquinas, la empresa es más flexible.

4. **Flexibilidad mixta:** si se quiere fabricar nuevos productos y se observa que añadiendo tecnología a una línea de producción existente se consigue reducir el tiempo de fabricación y se aumenta el número de nuevos productos, la empresa es más flexible.

1. Diagrama de operaciones de proceso. Según Talavera (1999):

Es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales... Facilita también la selección de indicadores de proceso.

1. **Beneficios del diagrama.**

En primer lugar, facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión. El conjunto de actividades, relaciones e incidencias de un proceso no es fácilmente discernible a priori. La diagramación hace posible aprehender ese conjunto e ir más allá, centrándose en aspectos específicos del mismo, apreciando las interrelaciones que forman parte del proceso así como las que se dan con otros procesos y subprocesos.

Permiten definir los límites de un proceso. A veces estos límites no son tan evidentes, no estando definidos los distintos proveedores y clientes (internos y externos) involucrados.

El diagrama de flujo facilita la identificación de los clientes, es más sencillo determinar sus necesidades y ajustar el proceso hacia la satisfacción de sus necesidades y expectativas.

Estimula el pensamiento analítico en el momento de estudiar un proceso, haciendo más factible generar alternativas útiles.

Proporciona un método de comunicación más eficaz, al introducir un lenguaje común, si bien es cierto que para ello se hace preciso la capacitación de aquellas personas que entrarán en contacto con la diagramación.

Un diagrama de flujo ayuda a establecer el valor agregado de cada una de las actividades que componen el proceso.

Igualmente, constituye una excelente referencia para establecer mecanismos de control y medición de los procesos, así como de los objetivos concretos para las distintas operaciones llevadas a cabo.

Facilita el estudio y aplicación de acciones que redunden en la mejora de las variables *tiempo* y *costes de actividad* e incidir, por consiguiente, en la mejora de la eficacia y la eficiencia.

Constituye el punto de comienzo indispensable para acciones de mejora o reingeniería.

1. **Ventajas de un diagrama operacional de proceso.** Contempla las siguientes:

Permite identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos, los flujos de los re-procesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella y los puntos de decisión.

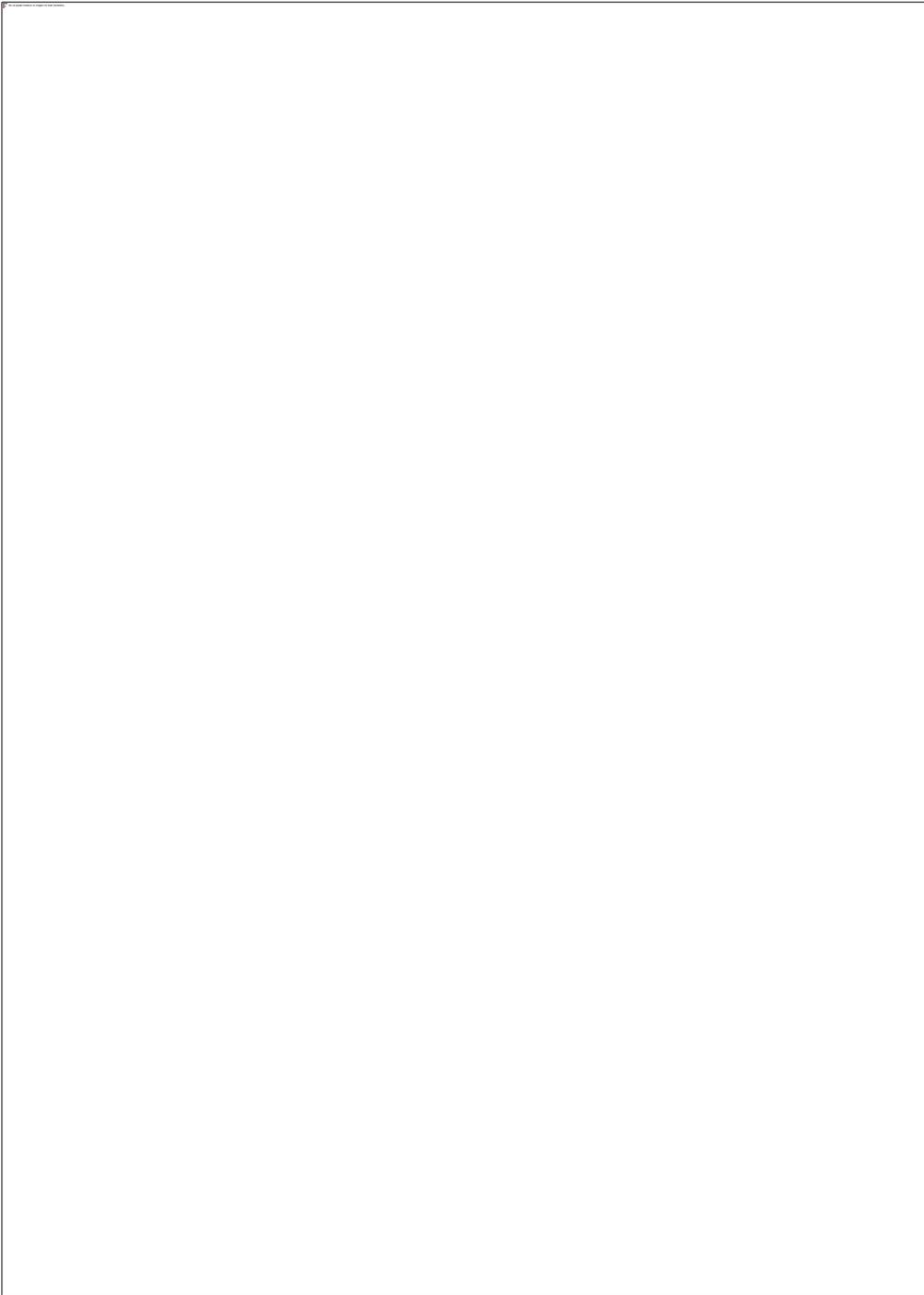
Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realiza mejoras en el proceso.

Analiza procesos de manufactura.

Compara y establece un contraste entre el flujo real y el flujo ideal de un proceso.

En la figura 2.3., de operaciones de proceso, se usa una simbología internacionalmente aceptada para representar las actividades efectuadas.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..5. Operaciones de proceso



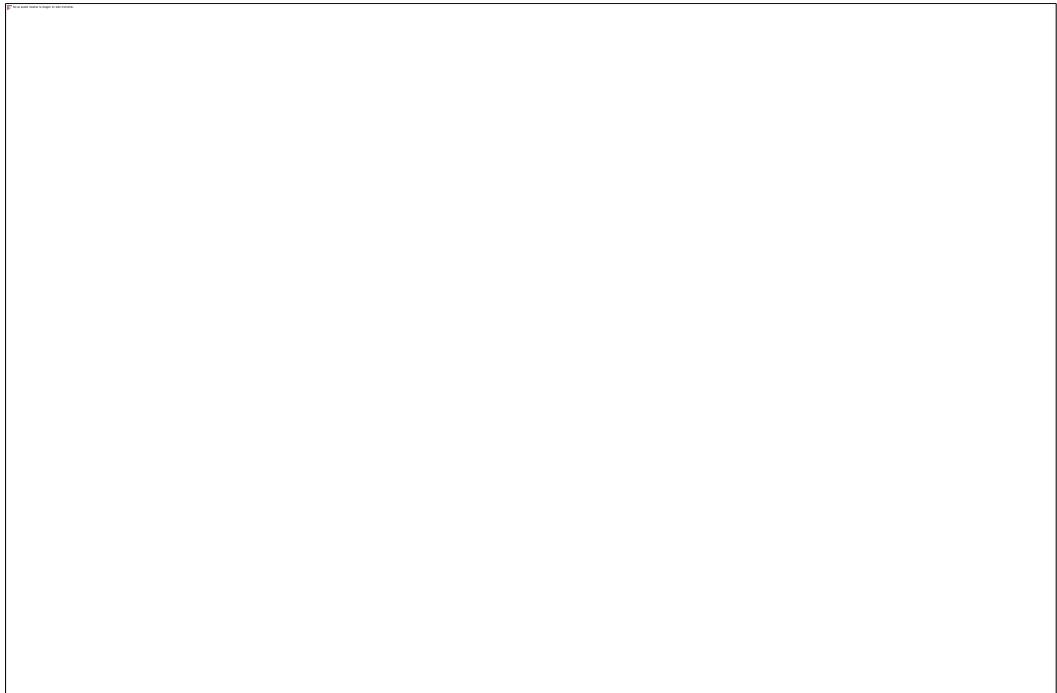
Fuente: Autora en base a los procesos actuales de la empresa Independence Drilling S.A.

1. Diagrama de causa-efecto. Según el doctor *Kaoru Ishikawa*² (1943) refiere:

También conocido como: de *Ishikawa*, de espina de pescado, de *Grandal* o diagrama causal. Representación gráfica sencilla don se ve de manera relacional una especie de espina central o una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Otra herramienta surgida a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en la de servicios, facilitando el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como: calidad de procesos, productos y servicios.

Este diagrama es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal aquel que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control. Ver figura 2.4.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**6. Diagrama de causa-efecto**



² Licenciado en química japonés

Fuente: https://www.google.com/search?q=Diagrama_de_Ishikawa

2. Diagrama de Pareto. Según Paredes (2012) refiere:

Es una técnica grafica que consiste en poner de manifiesto a los problemas más importantes sobre los que deben concentrarse los esfuerzos de mejora y determinar en qué orden resolverlos.

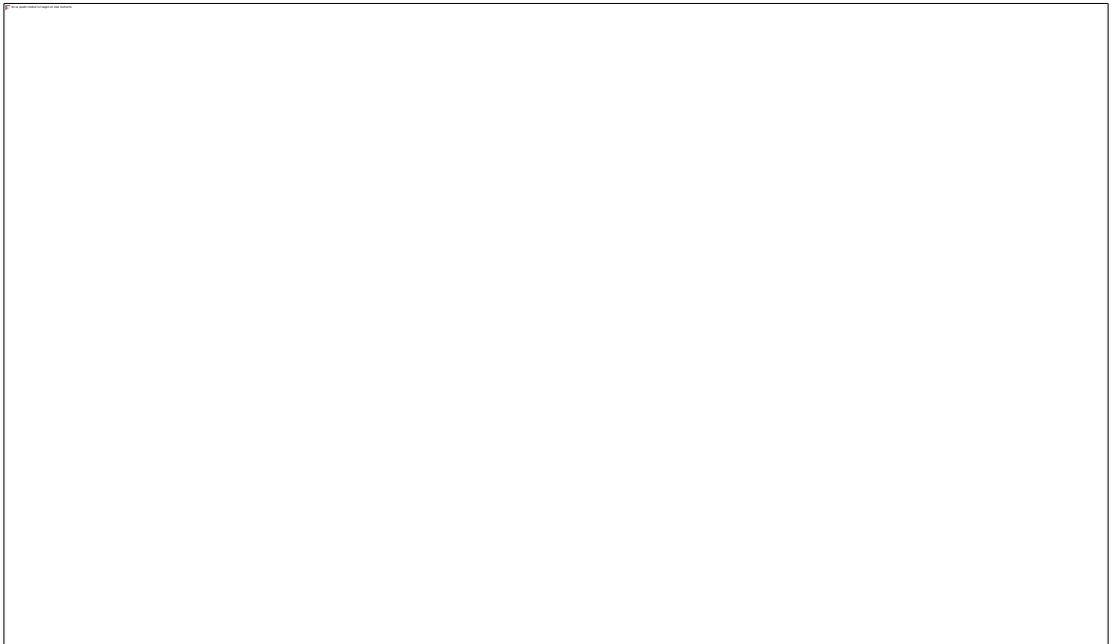
Permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, muchos problemas sin importancia, unos pocos muy importantes. Se colocan "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

Facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos.

La distribución de los efectos como sus posibles causas, no son lineales sino que el **20%** de las causas totales originan el **80%** de los efectos.

El principal uso es poder establecer orden de prioridades en toma de decisiones en una organización, evaluando fallas para resolver o evitarlas. Ver figura 2.5. 1.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**7. Diagrama de Pareto**



Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/lecciones/instrumentos/pareto.htm>

Validez del instrumento. Representa la posibilidad de que un método de investigación sea capaz de responder a las interrogantes formuladas. La fiabilidad designa la capacidad de obtener los mismos resultados de diferentes situaciones. La fiabilidad no se refiere directamente a los datos, sino a las técnicas de instrumentos de medida y observación, es decir, al grado en que las respuestas son independientes de las circunstancias accidentales de la investigación. (Pág. 134)

Confiabilidad del Instrumento. Bajo esta misma perspectiva, Arias (1999) señala que: “se refiere a la exactitud de la medición implica entonces, la confiabilidad está referida a la precisión y consistencia con que el instrumento de recolección de datos puede medir los rasgos a considerar”. (Pág. 420)

Hernández, Fernández y Baptista (2003), afirman que: “es un instrumento que se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales”. Todo instrumento de recolección de datos debe reunir un conjunto de criterios en torno a su validez. (Pág.109)

Al respecto, Balestrini (1997), plantea:

Una vez que se ha definido y diseñado los instrumentos y Procedimientos de recolección de datos, atendiendo al tipo de estudio de que se trate, antes de aplicarlos de manera definitiva en la muestra seleccionada, es conveniente someterlos a prueba, con el propósito de establecer la validez de éstos, en relación al problema investigado.(pág.140)

2.3.14. Técnicas de análisis de datos

Hernández, Fernández y Baptista (2010): “las técnicas de recolección de datos comprenden procedimientos y actividades a seguir, ya que integra la estructura

por medio de la cual se organiza la investigación”. Esta técnica tiene como objetivos los siguientes:

Ordenar las etapas de la investigación.

Aportar instrumentos para manejar la información.

Llevar un control de los datos.

Orientar la obtención del conocimiento.

1. Correlación de técnicas e instrumentos. se destaca la correlación entre estos dos elementos en la tabla 2.2.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**2. Correlación de técnicas e instrumentos**

| Instrumentos | Técnica |
|------------------------------------|--|
| Diagrama de operaciones de proceso | Observación directa |
| Diagrama de causa efecto | Lluvia de ideas |
| Diagrama de Pareto | Análisis de contribución a la problemática |
| Encuesta estructurada | Aplicar once preguntas de respuesta cerrada a personal operativo |

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2010)

2. Observación directa. Es colocar en observación un objeto a analizar, cualificar o calificar dentro de un estudio o investigación, verificando un antes y un después de cualquier implementación.

3. Esta herramienta es utilizada en las fases de identificación y definición de proyectos en diagnósticos y solución de las causas y se realiza baso los siguientes parámetros.

1. Redactar el objeto de la tormenta de ideas.
2. Preparación de la comunicación del objetivo y el material
3. Presentar cuadro de ideas.
4. Preparativos para la tormenta de ideas.
5. Realizar la tormenta de ideas con el objetivo y las ideas que van surgiendo.
6. Procesar las ideas.

1. **Encuesta.** Según el profesor García (2008):

Es una técnica de recogida de datos mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra de individuos para conocer las opiniones, actitudes y comportamientos de los ciudadanos. Se realizan una serie de preguntas sobre uno o varios temas a una muestra de personas seleccionadas siguiendo una serie de reglas científicas que hacen que la misma sea en su conjunto, representativa de la población general de la que procede. Con esta se puede eliminar las ideas duplicadas y calificar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del proyecto posterior.

1. MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO

1. 2.4.1. Marco legal. Regido por el Gobierno Nacional bajo la siguiente normatividad:

2. Ley 99 de 1993. **Ver anexo B.**

3. Decreto Ley 2811 de 1974" Código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente". **Ver anexo C.**
4. Decreto reglamentario 1541 de 1978. **Ver anexo D.**

2.4.2. Marco administrativo. Las entidades reguladoras del recurso son:

1. Ministerio del Medio Ambiente
2. Corporaciones Autónomas Regionales (CARS)
3. Departamentos Administrativos de gestión del Medio Ambiente en ciudades que tengan una población mayor a un millón de habitantes.

Algunas corporaciones autónomas regionales han expedido acuerdos previamente concertadas con los gremios de la región para establecer un control más efectivo y eficaz de la explotación de las aguas subterráneas.

La entidad encargada de la Investigación hidrogeológica en el país es INGEOMINAS que maneja el mecanismo administrativo que consiste en obtener unos permisos para la perforación de pozos que se emiten bajo dos modalidades

1. En regiones donde existen estudios hidrogeológicos completos se emite un concepto técnico donde se establecen las normas técnicas (en cuanto a localización y especificaciones técnicas de construcción de cada pozo) y los requisitos legales que se debe presentar una vez se construya el pozo. Es decir que si el concepto técnico es favorable automáticamente se constituye en el permiso para perforar.
2. En regiones donde no existen estudios hidrogeológicos. El usuario debe solicitar el permiso de exploración presentando un estudio hidrogeológico local del sitio donde se va a perforar el pozo. Las CARS lo analizan y emite el

permiso de exploración. Una vez se haga la perforación exploratoria, los resultados se envían a las CARS y esta emite el permiso definitivo de construcción, en caso de ser favorable.

3. METODOLOGÍA

3.1. TIPO INVESTIGACIÓN

El estudio se centró en una investigación aplicada: Esta clase de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, que requiere de un marco teórico. En la investigación aplicada o empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

Así mismo se realizó una investigación de campo: Esta clase de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. En todo caso es importante realizar siempre la consulta documental con el fin de evitar una duplicidad de trabajos, puesto que se reconoce la existencia de investigaciones anteriores efectuadas sobre la misma materia y de las que se pueden usar sus conclusiones como insumos iniciales de la actual investigación.

Esto significa que el objetivo primordial de esta investigación es analizar y describir a través de técnicas e instrumentos las actividades del proceso, permitiendo así conocer ventajas y desventajas existentes en el proceso y permitir mediando el estudio eliminar las causas que están afectando de manera directa e indirecta la producción, ya sea por falta de herramientas que faciliten el proceso y mejore las condiciones que percuten en el mismo.

La observación directa, la encuesta y la entrevista estructurada fueron los principales instrumentos que se utilizaron en la recolección de datos e información

necesarios para esta investigación, apoyados en un diagrama de procesos, en una tormenta de ideas y el Diagrama de Pareto) para la empresa.

3.2. POBLACIÓN

Para mejorar el nivel de producción en la introducción de la tubería al pozo, se tomó como población, al personal que interviene directamente en el proceso en estudio del Área de *Water* en la empresa ***Independence Drilling S.A.***

3.3. MUESTRA

Se estableció como muestra poblacional para este proyecto, nueve operarios del área de soldada de tubería e introducción de la tubería al pozo.

1. FASES METODOLÓGICAS

En el desarrollo del presente proyecto de grado se desglosaron cinco fases metodológicas, descritas a continuación:

1. **Fase I. Revisión bibliográfica y selección de fuentes/Selección de instrumentos y técnicas de medición.** Esta fase dio inicio al proyecto, dado que consistió en realizar las siguientes actividades:

1. Levantamiento de bases teóricas sobre la temática.

2. Selección de instrumentos y técnicas de medición para establecer la problemática de la empresa Independence Drilling S.A.
3. Tabulación y análisis de la encuesta aplicada.

1. Fase II. Descripción de procedimientos y tareas dentro del proceso operativo en el Área *Water* en la empresa *Independence Drilling S.A.* Se describen los procedimientos y tareas que conforman el proceso operativo en el Área *Water* de la empresa *Independence Drilling S.A.*

2. Fase III. Resultados y análisis: de acuerdo a los objetivos específicos establecidos para el desarrollo de este proyecto se realizaron las siguientes actividades:

1. Medición del tiempo real de producción que conllevan los procedimientos de corte, biselado y soldadura (unión) de tubería de acero al carbono, en los diámetros de 8", 10" y 16" SCH 40.
2. Determinar la cantidad de electrodos *west* arco 7018-5/32" por unión a soldar y a su vez el desperdicio que genera el uso de electrodo revestido.

1. Fase IV. Presentación de alternativas para optimizar tiempos y costos en el proceso de soldadura en el Área *Water*. Se presenta la propuesta de alternativas que puede cumplir el objetivo general de este trabajo de grado.

2. Fase V. Estudio de factibilidad financiero. Todo proyecto conlleva a gastos de inversión, y quien lo ha de administrar debe tener información sobre cuál es el monto a invertir y cuáles son los beneficios o mejoras a lograr. En

esta fase se realizó un estudio de factibilidad financiero para determinar su implementación en la empresa.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. RESULTADOS DE LAS FASES METODOLÓGICAS

1. **Fase I. Revisión bibliográfica y selección de fuentes/Selección de instrumentos y técnicas de medición.** Desarrolladas las actividades propuestas en esta fase, se obtienen los siguientes resultados:

1. **Levantamiento de bases teóricas sobre la temática.** Una vez consultadas las fuentes bibliográficas, de internet y fuentes humanas (personal de la empresa) sobre la temática se levantó el marco referencial conformado por los marcos: institucional, teórico-conceptual y legal, consignados en el capítulo 2 de este informe final.

2. **Selección de instrumentos y técnicas de medición** para establecer la problemática de la empresa **Independence Drilling S.A.** Se utilizaron los siguientes instrumentos y técnicas de medición:

3. **Encuesta estructurada:** se aplicó una encuesta de once preguntas a nueve soldadores para saber la apreciación que dan, en cuanto a los métodos y forma de realizar los procedimientos que conforman todo el proceso en estudio y medir la percepción de motivación que tienen los operarios (incentivos y otros) para realizar con mayor empeño sus labores en el Área de Water de la empresa **Independence Drilling S.A. Ver anexo A.**

4. Tabulación y análisis de la encuesta aplicada.

1. **Tabulación.** Ver tabla 4.1 y figura 4.2.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**3. Tabulación de la encuesta aplicada a la muestra poblacional**

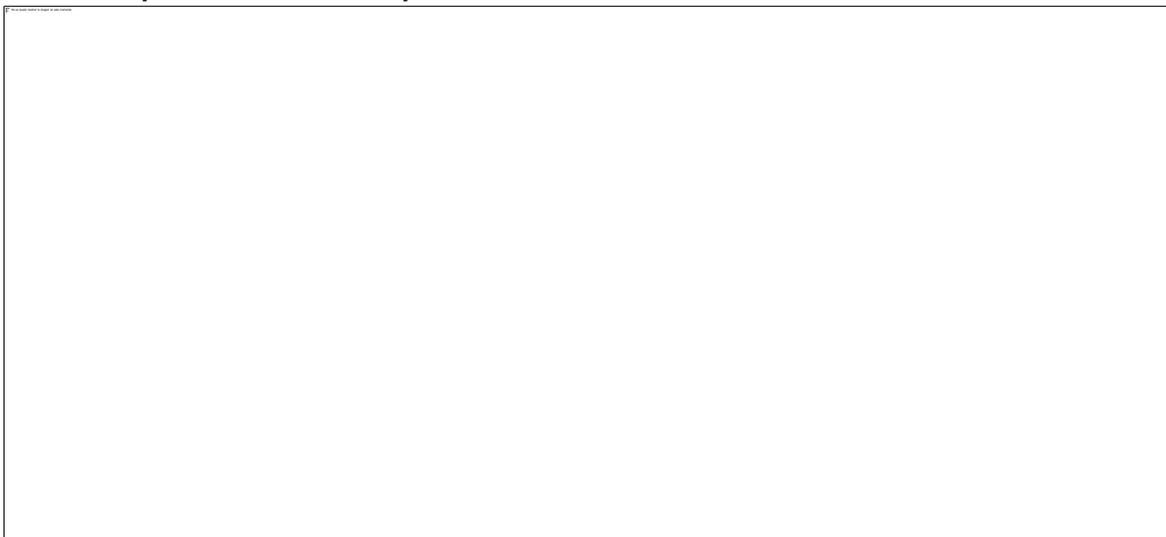


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**8. Resultado porcentual de la encuesta**



Análisis e interpretación de las preguntas de la encuesta

Pregunta 1: Los resultados muestran que el cien por ciento (**100%**) respondió que si existen planes de producción diaria para la soldada de tubería en pozo y que son revisados diariamente.

Pregunta 2: de la muestra consultada el cien por ciento (**100%**) respondió que se cumple con los planes de producción diario.

Pregunta 3: De la muestra consultada el cien por ciento (**100%**) respondió que se aplican las normas y planes de higiene y seguridad industrial en la empresa.

Pregunta 4: Los resultados obtenidos se pudo observar que el cincuenta por ciento (**50%**) del personal no realiza pausas activas por descuido del soldador y el cincuenta por ciento (**50%**) si las realiza.

Pregunta 5: Los resultado muestran que el setenta por ciento (**70%**) de los encuestados respondieron que si se sienten presionados al realizar la soldada de tubería, al restante treinta por ciento (**30%**) respondió de forma negativa.

Pregunta 6: Los resultados muestran que el setenta por ciento (**70%**) de los encuestados respondieron que no cuentan con ayudas mecánicas para el proceso de soldada de tubería, lo que dificulta el proceso, el restante treinta por ciento (**30%**) respondieron en forma positiva.

Pregunta 7: De la muestra consultada el cien por ciento (**100%**) respondió que los equipos de soldadura si reciben mantenimiento.

Pregunta 8: Los resultados muestran que el cincuenta por ciento (**50%**) dicen que no existen procedimientos estándares donde se describan las actividades a realizar, permitiendo ejecutar correctamente las actividades del proceso, solo se

hace verbalmente, el restante cincuenta por ciento (**50%**) respondió de forma positiva.

Pregunta 9: Los resultados muestran que el setenta por ciento (**70%**) de los encuestados respondieron que todos los soldadores conocen y saben cómo hacer el proceso correcto en la soldada de tubería para Water, el restante treinta por ciento (**30%**) contestaron de forma negativa.

Pregunta 10: Los resultados muestran que el cien por ciento (**100%**) de los encuestados respondió que el área de Water no desarrolla programas de incentivos para elevar la motivación del personal.

Pregunta 11: Los resultados muestran que el sesenta por ciento (**60%**) de los encuestados respondieron que no reciben la materia prima justo a tiempo, el restante cuarenta por ciento (**40%**) respondieron de forma positiva.

1. **Observación directa.** Esta técnica permitió detectar los diversos problemas que se presenta actualmente en el **Proceso de Soldadura de Tubería** (Tubería acero al carbono-tubería de acero inoxidable) tales como:
 1. **Falta de ayudas mecánicas:** no existe maquinaria y herramientas como mecanismos de alistamiento, movimiento y/o levantamiento de tubos, que ayudarían a la disminución de tiempos, ya que hacen más compleja la tarea y ocasionan que los soldadores tengan posturas inadecuadas en el desarrollo de la actividad y ese esfuerzo muscular estático que puede a su vez describirse como la contracción de los músculos en forma continua (se mantiene por un cierto periodo de tiempo), sin pausas activas, ocasionando fatiga y cansancio en los músculos de los soldadores.
 2. La soldadura no es semiautomática, haciendo que los operarios se afecten en su salud e integridad física al exponerse cuando entran en contacto con el

organismo (inhalación, absorción o ingestión), pudiendo padecer intoxicaciones, quemaduras o lesiones sistemáticas.

3. El uso de soldadura con electrodo revestido, genera desperdicio lo que causan afectación ambiental considerable y no existe un plan donde la disposición final de esos residuos, no genere este tipo de impacto.
4. Se pudo observar que la **materia prima** utilizada antes de la implementación para las soldaduras (uniones), es el que se detalla en la tabla 4.2., y aunque la calidad permite una unión ideal, demoraba por el constante cambio de electrodo.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**4. Soldadura utilizada según tipo de unión**

| Producto | Unión | Características | Unidad empaque | Propiedades |
|-------------------------|--|--|----------------|---|
| | | | | Mecánicas |
| West Rode 2212-5/32" | Acero al carbón- | *Excelente resistencia al calor *Muy buena resistencia a la corrosión. *Muy buena resistencia a la fricción. *Muy buena resistencia al agrietamiento. | 5 Kg | Resistencia a la tracción: 80 - 90 Ksi |
| | Acero inoxidable | *Muy buena resistencia al impacto. *Resistencia a la oxidación hasta 1000 *Excelente soldabilidad. *Buena maquinabilidad. *Muy buena resistencia a la corrosión. *Resistencia a la oxidación hasta 800°C. | | Límite de fluencia: 60 - 70 Ksi Elongación: 33 |
| West Rode 4LB-5/32" | Filtro acero inoxidable- | *Muy buena soldabilidad. *Escoria es de fácil remoción. | 5 Kg | Resistencia a la tracción: 75 - 90 Ksi |
| Filtro acero-inoxidable | *Permite operar con amperajes muy bajos favoreciendo el metal base | Límite de fluencia: 50 – 60 Ksi Elongación: 30 – 45 % | | |

West Arco E7018- Acero al carbón
5/32" Acero al carbón

*Puede ser utilizado con corriente directa, polaridad positiva (+) o con corriente alterna (75 OCV mínimo)

*Buena deposición y bajas pérdidas por salpicadura.

*Excelente calidad radiográfica.

*Alta resistencia al impacto a baja temperatura.

*Diseñada para aplicaciones en tuberías, estructuras, tanques a presión que requiere alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Resistencia a la tracción: 70-80 Ksi

5 Kg Límite de fluencia::58-70 Ksi

Elongación: 22 – 36

Fuente: www.westarco.com

1. **Lluvia de ideas:** se establecieron los factores y el número de las causas que ocasionan que estos conformen la problemática en el Área de Water, ilustrándose en la figura 4.3.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**9. Lluvia de Ideas sobre problemática en la empresa Independence Driling S.A.**



Fuente: Autora

Los factores y sus causas se consignan en la tabla 4.3., así:

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**5. Datos recolectados del diagrama de causa-efecto**

| Factores | Causas | % contribución | % acumulado |
|----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Personal | 4 | 33% | 33% |
| Maquinaria y equipos | 3 | 25% | 58% |
| Métodos | 3 | 25% | 83% |
| Materia prima | 2 | 17% | 100% |

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Total | 12 | 100% |
|--------------|-----------|-------------|

Análisis e interpretación: El factor **Personal** presenta 4 causas: fatiga, prácticas deficientes de trabajo, falla de supervisión, falta de incentivos. El factor **Maquinaria y Equipos** presenta 3 causas: **falta de ayudas mecánicas, operación inapropiada y falta de mantenimiento**. El factor **Materia Prima** presenta 2 causas: Almacenamiento inapropiado y composición. El factor **Métodos:** presenta 3 causas: procedimientos no estructurados, inexistencia de personal HSE y falta de estandarización de los procesos.

Una vez obtenidos los resultados de la lluvia de ideas, se procedió a graficar mediante el **Diagrama de Pareto**, según el número de causas por factor que se muestra en la figura 4.4.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**10. Diagrama de Pareto**

Autora

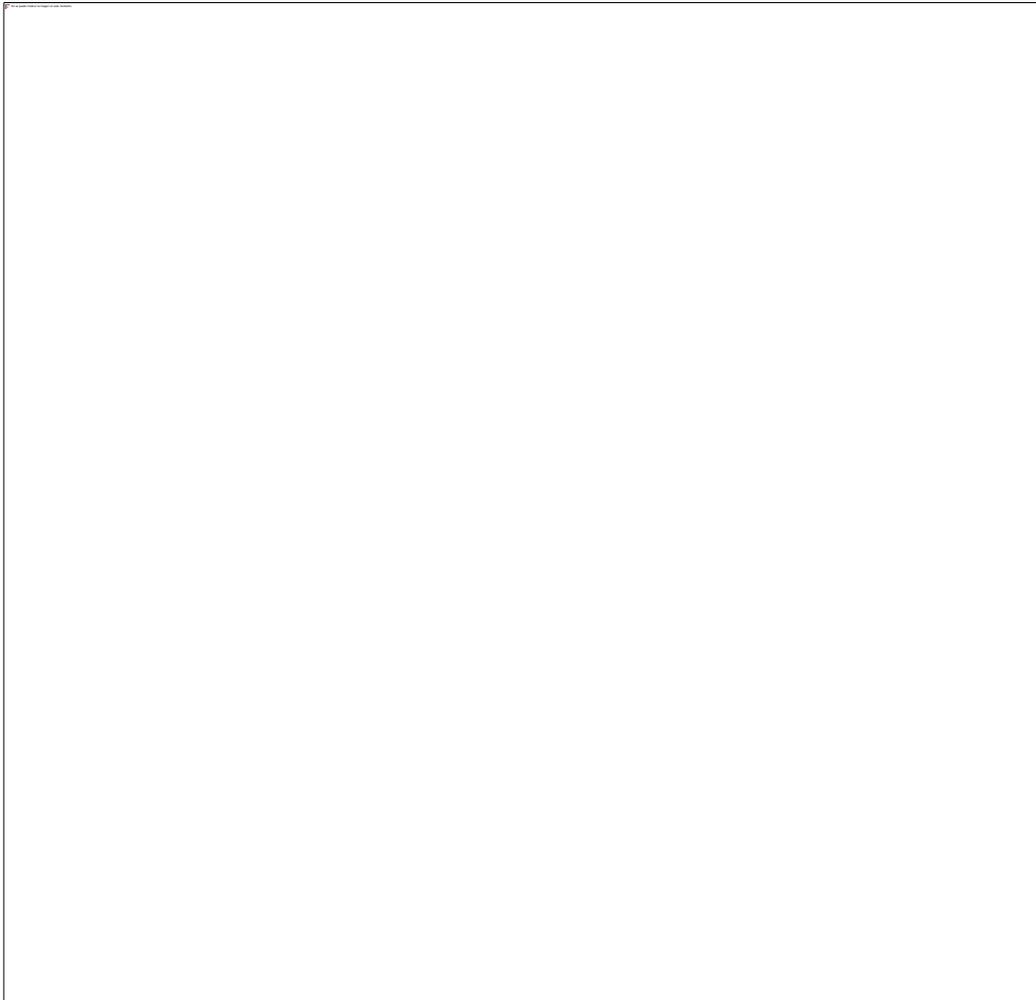
Fuente:

Análisis e interpretación. Mediante el Diagrama de Pareto se pudo detectar el nivel de contribución a la problemática en el Área de Water, de la empresa **Independence Drilling S.A.**, por número de las causas de los factores (personal, maquinaria y equipos, métodos y materia prima.

1. Fase II. Descripción de procedimientos y tareas dentro del proceso operativo del Área *Water* en la empresa *Independence Drilling S.A.* En esta fase se describieron los procedimientos y tareas que conforman el proceso operativo en el Área *Water* de la empresa *Independence Drilling S.A.*, especificando que la técnica de observación directa también permitió identificar los pasos dentro de algunos procedimientos esenciales en la empresa, así:

Se inicia elaborando un diagrama de procesos para la empresa, señalando como se realizan los mismos. Ver figura 4.5.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**11. Diagrama de procesos**



Fuente: Autora

El proceso comienza con la requisición del cliente, luego se hace un estudio de suelos donde se determina que caudal de agua existe en el subsuelo, ya es el cliente quien finalmente determina a que profundidad lo desea. Este estudio comprende las siguientes etapas:

2. Estudio de suelos

1. **Inventario de pozo:** Permitirá conocer las características de los pozos y el grado de explotación de las aguas subterráneas.
2. **Geología de superficie, del subsuelo y estructural:** Permite definir la geomorfología de la zona, el tipo de rocas presentes en el subsuelo y localización de fallas geológicas y grado de fracturamiento de las rocas.
3. **Perforaciones de pozo de estudio:** permite conocer la litología del subsuelo, tipo de rocas, espesores de las capas litológicas, realizar pruebas de bombeo y tomar muestras de agua para determinar su calidad.
4. **Estudio de geoelectrónica:** consiste en la ejecución de sondeos eléctricos verticales conocidos como (SEV) que miden la resistividad eléctrica de las capas presentes en el subsuelo desde la superficie del terreno; mediante la aplicación de una corriente eléctrica. La resistividad está íntimamente relacionada con la naturaleza de la roca, el contenido y la calidad del agua que almacenan.

Los estudios de geoelectrónica son una importante herramienta de trabajo en la localización de pozos nuevos a perforar especialmente en zonas donde no existe, más no es definitiva porque su interpretación debe estar acompañada de un buen conocimiento de la geología de la zona. Lo mejor es correlacionar

estos perfiles eléctricos con los perfiles litológicos de pozos existentes para tener una mejor garantía en la interpretación.

3. Diseño del pozo

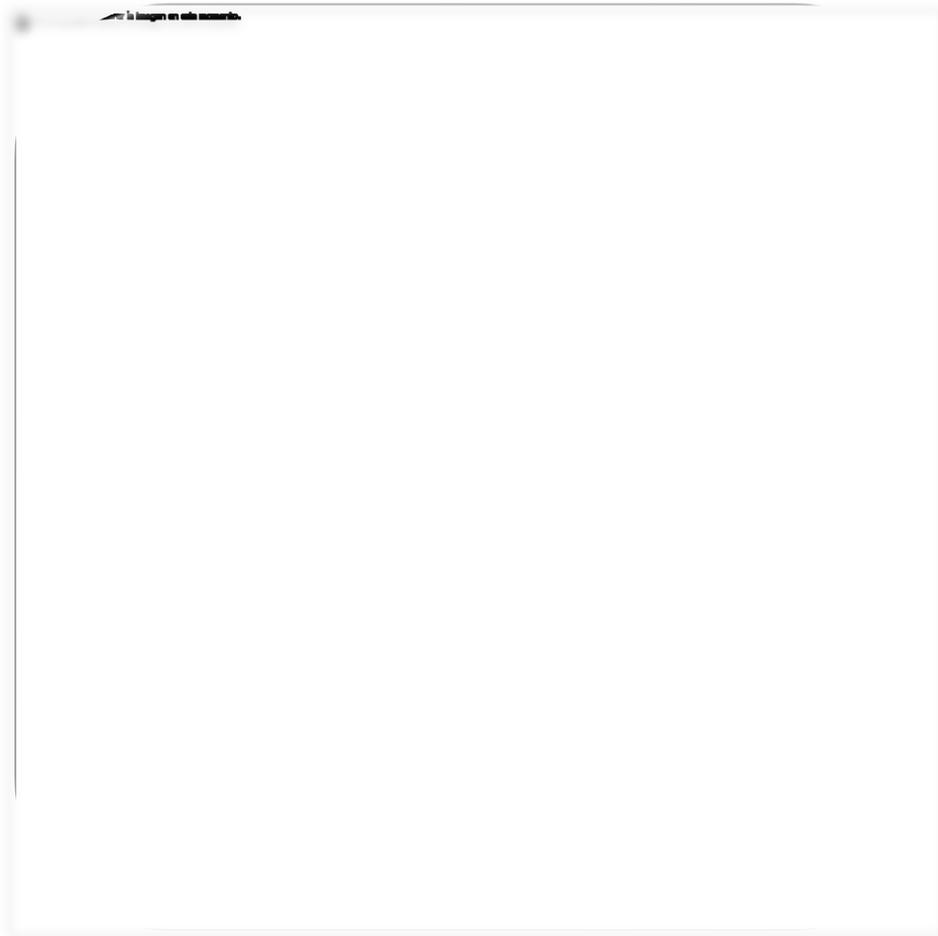
Luego de esto teniendo el estudio de subsuelo, se procede hacer el diseño del pozo donde se determina la distancia de los acuíferos y el diámetro de la tubería tanto de filtros como los de acero al carbono que se van a utilizar. Consta de las siguientes técnicas:

1. **Perfil estratigráfico:** Permite observar físicamente las características de cada uno de las capas perforadas y su localización en profundidad.
2. **Registro eléctrico:** Permite localizar en forma precisa la ubicación de los acuíferos, sitios donde se instalan los filtros de captación del agua.
3. **Análisis granulométricos de los acuíferos a captar:** En caso de que estén compuestos por arenas o areniscas. Con base en estos análisis se debe determinar el tamaño del filtro de grava cuya función es retener la arena del acuífero captado. Con base en el tamaño de la grava se selecciona la abertura de las ranuras del filtro.
4. **Rata de perforación del sondeo exploratorio:** Permite definir la dureza de las capas perforadas.
5. **Calidad química del agua de la zona:** Con base en la cual se debe seleccionar la calidad del material de la tubería de revestimiento, especialmente de los filtros para garantizar una larga vida útil del pozo. Parámetros hidráulicos de los pozos de la zona. Si se conocen se puede determinar en forma aproximada el abatimiento que presentará el pozo para determinado caudal y

así definir a partir de que profundidad se instalan los filtros y la profundidad de instalación de la bomba.

4. **Procedimiento de introducción del tubo al pozo:** contempla los siguientes pasos. Ver figura 4.6.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**12. Procedimiento actual de la introducción del tubo al pozo**

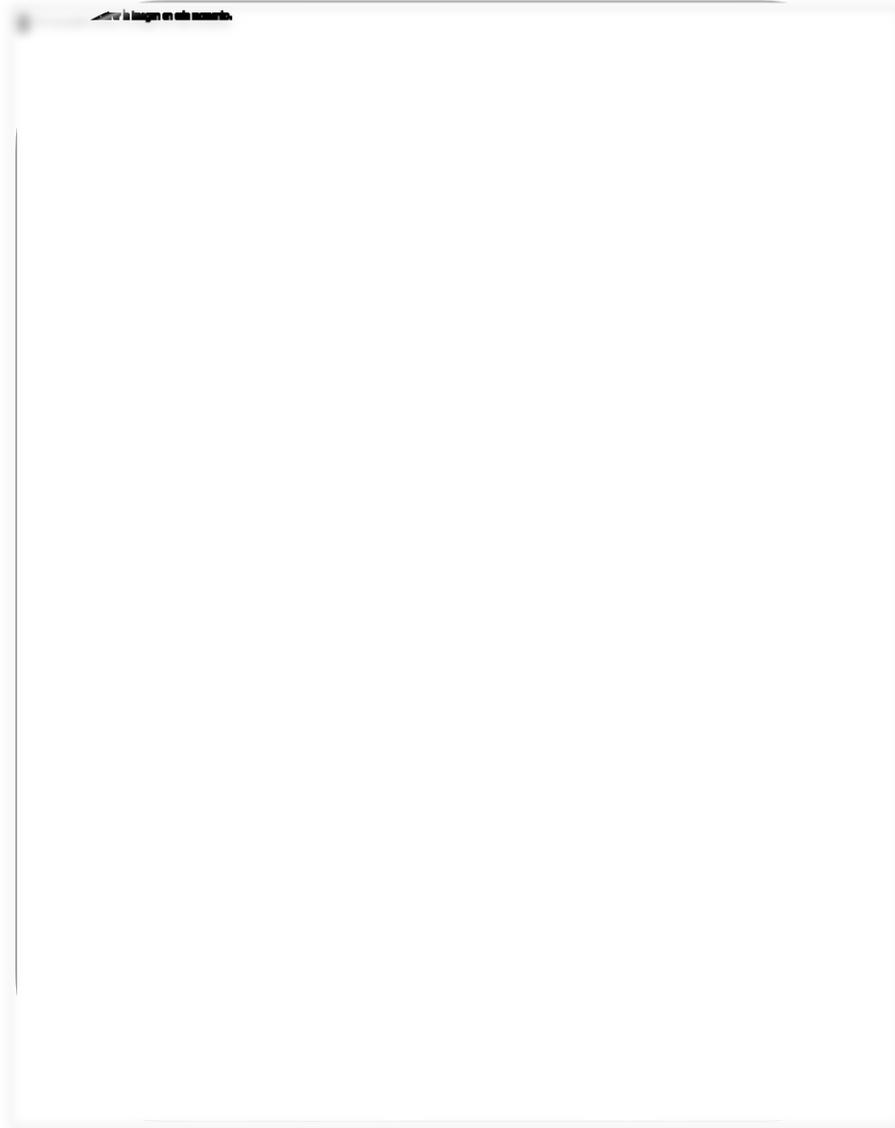


Fuente: Autora- suministrada por la empresa-introducción del tubo al pozo

1. Se hace un estudio en el cual se determina la profundidad a perforar y distancias de los caudales de agua, esto se resume en un plano el cual es entregado al soldador donde se muestra el tamaño de la sarta de tubería y el diámetro de la misma a utilizar.

2. Se fabrica una cama de tubería la cual sirve de apoyo para el ensamble de los tubos y filtros y su posterior soldada. Ver figura 4.7.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**13. Alistamiento de cama y posterior soldada unión de acero inoxidable-acero al carbón**



Fuente: Autora-Suministrada por la empresa-entubada de pozo

3. Se fabrica la “puntera” que es la guía de la tubería dentro del pozo y la misma evita que el tubo choque con la pared del pozo.
4. Corte de tubería de acero al carbón según especificaciones del plano.

5. Corte y pulida de tramos de sarta.
6. Armado de secciones de sarta según plano.
7. Soldado de cada tramo de tubería.
8. Corte y pulido de orejas.
9. Montaje y desoldada de orejas.
10. Entubada de pozo.
11. Trampeada de pozo.
12. Montaje de tapa para lavado de pozo (prueba).

1. Procedimiento o proceso de soldadura de tubería. Contempla los siguientes pasos:

1. **Corte:** se realizan los cortes de la tubería a las dimensiones deseadas mediante el equipo de oxicorte para diámetros grandes y con los tronzaadores diámetros menores.
2. **Pulido:** se retira escoria que deja el corte.
3. **Biselada:** se prepara de bordes para su soldeo.
4. **Ensamblado:** se ensamblan los tubos ya cortados en la cama de tubería.
5. **Punteada:** se hace el alineamiento con algunos puntos de soldadura para marcar y asegurar la guía para la soldada definitiva.
6. **Soldadura:** se unen las piezas según el requerimiento del plano y la guía de puntos que se marcaron anteriormente.
7. **Entubada:** proceso en el cual se lleva tramos de tubería a la torre de perforación, ya sea de acero al carbono o de filtros de acero inoxidable esto según plano para su posterior ensamblaje, soldado e introducción al pozo.

Por ejemplo, si la capacidad específica de un pozo cercano que se va a construir es del orden de 5 Lt/seg/m., y si al pozo a diseñar, se le piensa extraer un caudal de 20 Lt/seg, se deberá aplicar la ecuación 4.1.

Ecuación ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**1. Determinación del abatimiento de un pozo**

$$X = Y^2 + a$$

Donde es el abatimiento, a este valor se le suma el nivel estático promedio de la zona y se obtiene el nivel de bombeo aproximado que va tener el pozo. Suponiendo que el nivel estático es de 10 metros. Ver ecuación 4.2.

Ecuación ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**2. Determinación del nivel estático promedio de la zona**

$$NB = s + NE \quad NB = 4 \text{ m} + 10\text{m} = 14 \text{ metros}$$

La bomba se debe instalar por debajo de esta profundidad para que siempre quede sumergida en el agua y funcione en forma eficiente. El primer filtro superior del pozo se debe instalar por debajo de la bomba.

13. Diámetro del pozo. Este lo define el tamaño o diámetro de la bomba que se piensa instalar en el pozo. Ver ecuación 4.3.

Ecuación ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**3. Determinación del nivel estático promedio de la zona**

$$\text{Diámetro del pozo} = \text{diámetro de la bomba} + 42$$

Con el valor del caudal requerido del pozo se busca en un catálogo de fabricantes de bombas para pozo profundo, la bomba que produzca este caudal a máxima eficiencia. La bomba seleccionada tiene dimensiones específicas como el diámetro, el cual determina el diámetro definitivo del pozo puesto que la bomba debe ser instalada en su interior.

14. Diámetro de los filtros. Con el caudal requerido se halla el área abierta total que deben tener los filtros estimando una velocidad de paso del agua de 3

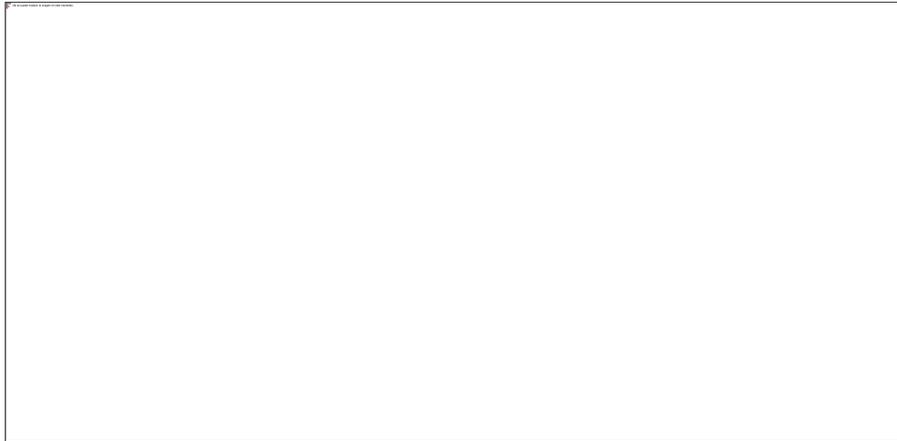
cm/seg. Se selecciona el diámetro del filtro tal que de acuerdo a su longitud iguale a esta área. Ver ecuación 4.4.

Ecuación ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..4. **Determinación del diámetro del filtro**

$$\text{Caudal (q)} = \text{Velocidad (V)} \times \text{Área (A)} \quad A = Q/V$$

En los catálogos de fabricantes de filtros se especifican las áreas abiertas para diferentes tipos y tamaños de abertura. Ver figura 4.8., y 4.9.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..14. **Filtros de acero inoxidable donde el agua penetra y puede ser bombeada a superficie**



Fuente: <http://repositorio.sena.edu.co/>

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**15. Tubería de revestimiento acero al carbón**



Fuente: <http://repositorio.sena.edu.co/>

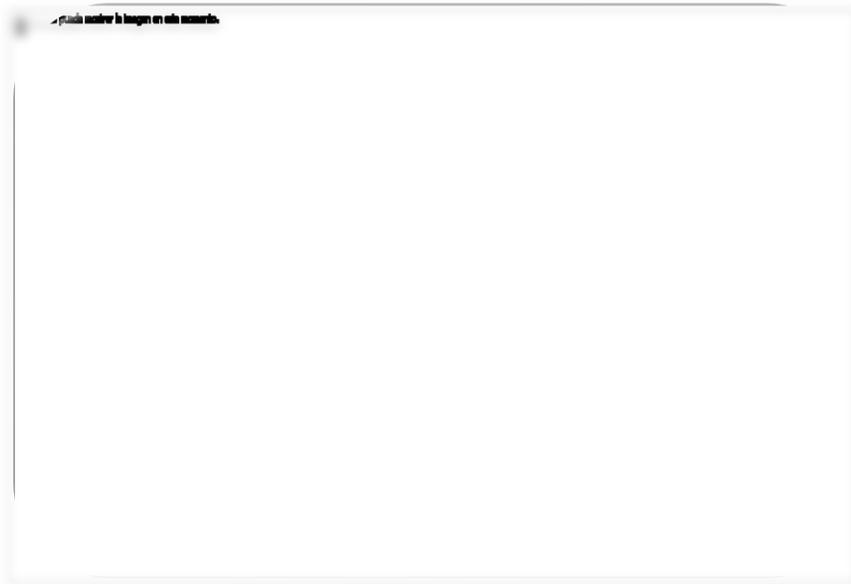
15. Perfil de diseño del pozo. La profundidad del pozo, la longitud y ubicación de los filtros se determina con base en el perfil litológico y el registro eléctrico.

Se representa el perfil litológico gráficamente y se compara con el registro eléctrico a la misma escala en profundidad y se obtiene el perfil del pozo. Los filtros se ubican en frente de los acuíferos seleccionados a captar y su longitud depende del caudal a extraer y del diámetro seleccionado.

La profundidad del pozo se define una vez que se contabilice la suficiente longitud de filtros para obtener el caudal requerido.

Luego de tener claridad que cantidad de filtros y tubería de revestimiento se va utilizar en el pozo se procede a soldarlos tal cual como se observa en la figura 4.10.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..16. Soldada de tramos de tubería de acero al carbón con filtros se acero inoxidable

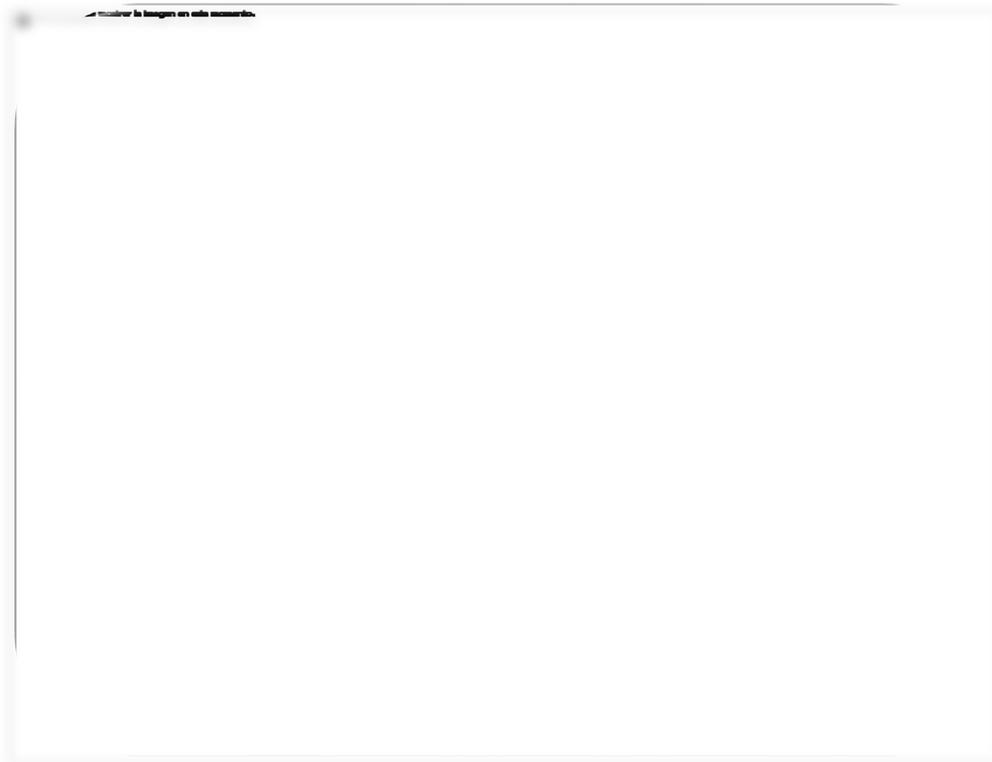


Fuente: suministrada por la empresa **Independence Drilling S.A.**

Por último se procede a hacer la introducción del tubo al pozo de la siguiente manera:

1. Consiste en instalar la tubería de revestimiento dentro del hueco perforado.
2. Antes de entubar, la tubería y los filtros se acondicionan en la superficie del terreno de acuerdo al diseño establecido.
3. Se soldán en tramos de una longitud acorde a la altura de la torre de la máquina de perforación.
4. La soldadura utilizada debe ser la apropiada de acuerdo al tipo de material a soldar (acero al carbón, inoxidable, etc.).
5. Una vez que se termine de arreglar, la tubería se mide para constatar su fidelidad al perfil de diseño, se revisan los cordones de soldadura, mínimo dos **(2)** por cada pega y su estado en general, quedando lista para su instalación.
6. El entubado del pozo se debe realizar en forma continua, la tubería debe bajar libremente y en cada unión o pega soldada se debe mantener y chequear la verticalidad con un nivel.
7. Se instala tramo por tramo hasta que al final, la tubería queda colgada del gancho del winche de la máquina de la perforación, se centra y se asegura en la superficie mediante un anclaje compuesto por dos rieles i de acero de tres **(3)** metros de longitud aproximada cada uno, que se apoyan en el terreno y se soldán al pozo por medio de platinas de acero.
8. La tubería nunca se debe apoyar en el fondo de la perforación. Entre el fondo de la perforación y la profundidad máxima de revestimiento del pozo, se deben dejar unos diez metros de tolerancia para que los sedimentos que puedan caer durante el entubado se depositen en el fondo y no vayan a impedir el descenso de la tubería. En la figura 4.11., se observa la instalación del revestimiento de un pozo.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**17. Introducción del tubo**



al pozo

Fuente: suministrada por la empresa **Independence Drilling S.A.**

1. Fase III. Análisis de los resultados. Una vez desarrollada la fase se obtuvieron los siguientes resultados.
 2. La medición del tiempo real de producción que conllevan los procedimientos de corte, biselado y soldadura (unión) de tubería de acero al carbono, en los diámetros de 8", 10" y 16" SCH 40, se describe a continuación:
- 9. Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 8" SCH 40.** La capacidad de producción de corte y biselado por junta de diferentes diámetros de tubería. Ver tabla 4.4.

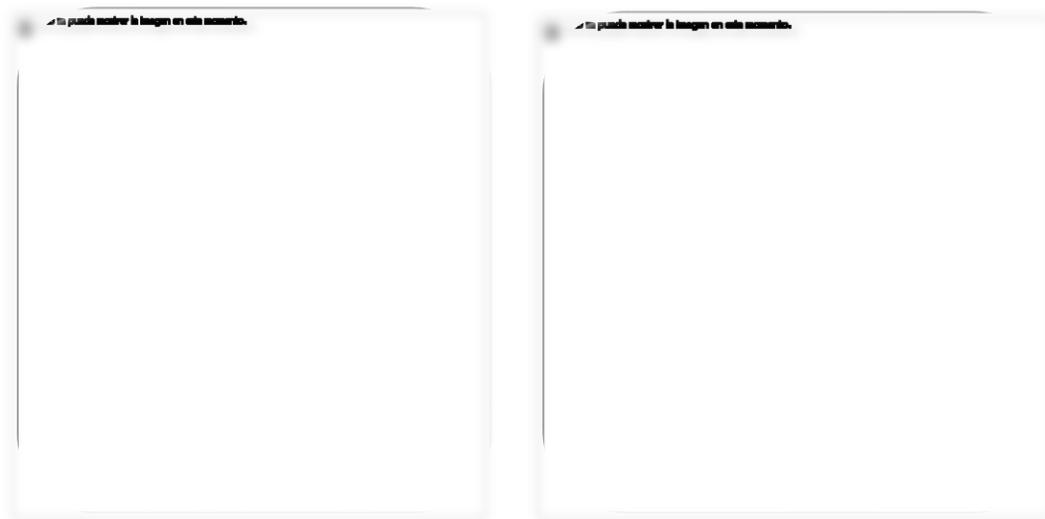
Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**6. Corte y biselado de tubería de acero al carbón de 8" SCH 40**

| Diámetro de Tubería | Corte (min) | Biselado (min) | Tiempo Total |
|---------------------|-------------|----------------|--------------|
| 8" | 5 | 7 | 13 min |

1. **Capacidad de producción por día:** corresponde a:

1. **Tubería acero al carbono 8"**, 1 tubo 8"/13 min * 720 = 55.38~~ 56 Tubos por día. Ver figura 4.12.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..18. **Punteado y pulido de tubería 8"**



Fuente: Autora

2. **Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 10" SCH 40.** Ver tabla 4.5.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..7. **Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 10" SCH 40**

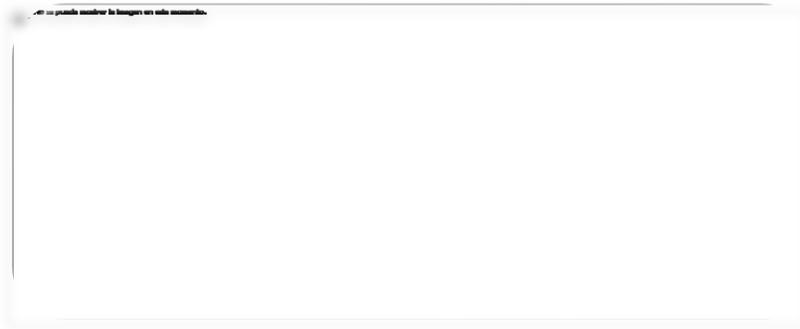
| Diámetro de Tubería | Corte (min) | Biselado (min) | Tiempo Total |
|---------------------|-------------|----------------|--------------|
| 10" | 6 | 9 | 15 min |

3. **Capacidad de producción por día:**

4. **Tubería acero al carbono 10":**

1 tubo 10"/15 min * 720 = 48 tubos por día. Ver figura 4.13.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**19. Tubería 10” armada**



Fuente: Autora

5. Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40. Ver tabla 4.6.

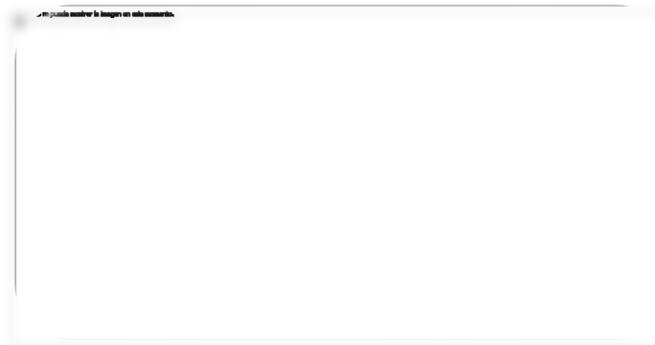
Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**8. Corte y biselado de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40**

| Diámetro de Tubería | Corte (min) | Biselado (min) | Tiempo Total |
|---------------------|-------------|----------------|--------------|
| 16” | 8 | 15 | 23 |

6. Capacidad de producción por día:

1. **Tubería acero al carbono 16”:** 1 tubo 16”/23 min * 720 = 31.30 ~32 tubos por día. Ver figura 4.14.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**20. Tubería 16” armada**



Fuente: Autora

1. Determinar la cantidad de electrodos west arco 7018-5/32" por unión a soldar y a su vez el desperdicio que genera el uso de electrodo revestido.

2. Soldada de tubería de acero al carbono de 8" SCH 40. La capacidad de producción de soldada por junta con soldadura west arco 7018-5/32" de diferentes diámetros de tubería. Ver tabla 4.7.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**9. Soldada de tubería de acero al carbono de 8" SCH 40**

| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Cantidad electrodos | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 8" | 1 | 16 | 12 | 44 s | 30 min | 30 min 44 s |
| | 2 | 14 | | | | |

3. Capacidad de producción por día:

1. **Tubería acero al carbono 8"**, 1 tubo/30.7 min * 720 min = 23.45~~24 tubos por día. Ver tabla 4.8.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**10.Soldada de tubería de acero al carbono de 10" SCH 40**

| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Cantidad electrodos | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 10" | 1 | 19 | 14 | 51 s | 35 min | 35 min 51 s |
| | 2 | 16 | | | | |

2. **Tubería acero al carbono 10"**, 1 tubo/35.9 min * 720 min = 20.05~~20 tubos por día. Ve tabla 4.9.

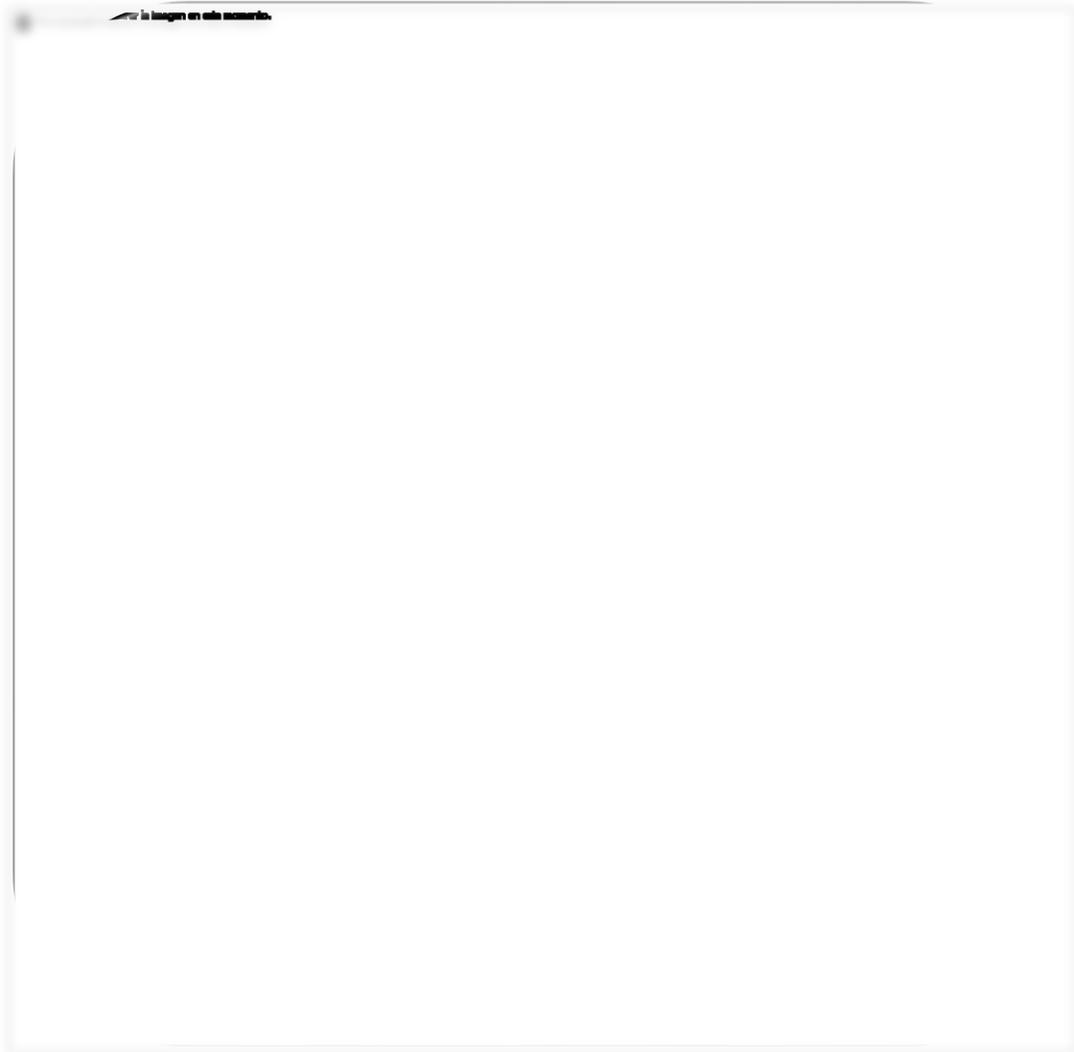
Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**11. Soldada de tubería de acero al carbono de 16" SCH 40**

| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Cantidad electrodos | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------|
|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------|

| | | | | | | |
|-----|---|----|----|------------|--------|-------------|
| 16" | 1 | 29 | 21 | 1 min 14 s | 52 min | 53 min 14 s |
| | 2 | 23 | | | | |

3. Tubería acero al carbono 16", 1 tubo/53.2 min * 720 min =13.53~~14 tubos por día. Ver figura 4.15.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..21. Soldada tubería 16"



Fuente: Autora

1. Fase IV. Presentación de alternativas para optimizar tiempos y costos en el proceso de soldadura en el Área Water. Una vez desarrolla la fase se obtuvieron los siguientes resultados.

1. ALTERNATIVA 1. Implementar un Proceso de Soldadura Semiautomática

La sustitución de métodos y la optimización de tiempos en el proceso se encuentran estrechamente relacionados entre sí, ya que tiene por objetivo avanzar con mayor fluidez, al costo más bajo y con la misma manipulación desde que se recibe la materia prima “soldadura” hasta que se entrega el producto terminado. De esta manera se asegura la eficiencia, seguridad, medio ambiente y comodidad del soldador. Este proceso optimiza mano de obra, aumenta la productividad y trae consigo imagen ante el cliente.

2. Ventajas

1. No utiliza gases.
 2. El producto puede ser utilizado a campo abierto incluso con corrientes de aire densas.
 3. Fácil remoción de escoria y pocas salpicaduras.
 4. Proceso fácil, seguro y limpio.
 5. No necesita de almacenamiento en horno como si lo hace debe usar la soldadura en electrodo revestido
3. **Soldadura propuesta:** en el tabla 4.10., se presenta el producto, con sus características, así: Ver tabla 4.10.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**12.Soldadura propuesta**

| Producto | Unión | Características | Unidad empaque |
|--|---|---|----------------|
| CoreShield 11 x 2mm | Acero al Carbón- Acero al Carbón | *Soldadura diseñada para la unión de aceros al carbón en todas las posiciones | 11,3 Kg |
| | | *Produce acción arco suave. *Fácil remoción de escoria y pocas salpicaduras | |
| CoreB 309L 045" autoprotegido | Filtro inoxidable *Filtro inoxidable- Filtro inoxidable | *El producto puede ser utilizado a campo abierto incluso con corrientes de aire densas. *No se necesita gases. | 15 Kg |
| | | *Acero al carbón *Produce acción arco suave. *Fácil remoción de escoria y pocas salpicaduras *El producto puede ser utilizado a campo abierto incluso con corrientes de aire densas. *No se necesita gases. | |

Propiedades Mecánicas

| | |
|--|-----------------------------------|
| CoreShield 11 x 2mm | Resistencia a la tracción: 90 Ksi |
| | Límite de fluencia::63 Ksi |
| | Elongación: 22 |
| CoreB 309L 045" autoprotegido | Resistencia a la tracción: 91 Ksi |
| | Límite de fluencia::64 Ksi |
| | Elongación: 34 |

Fuente: www.westarco.com

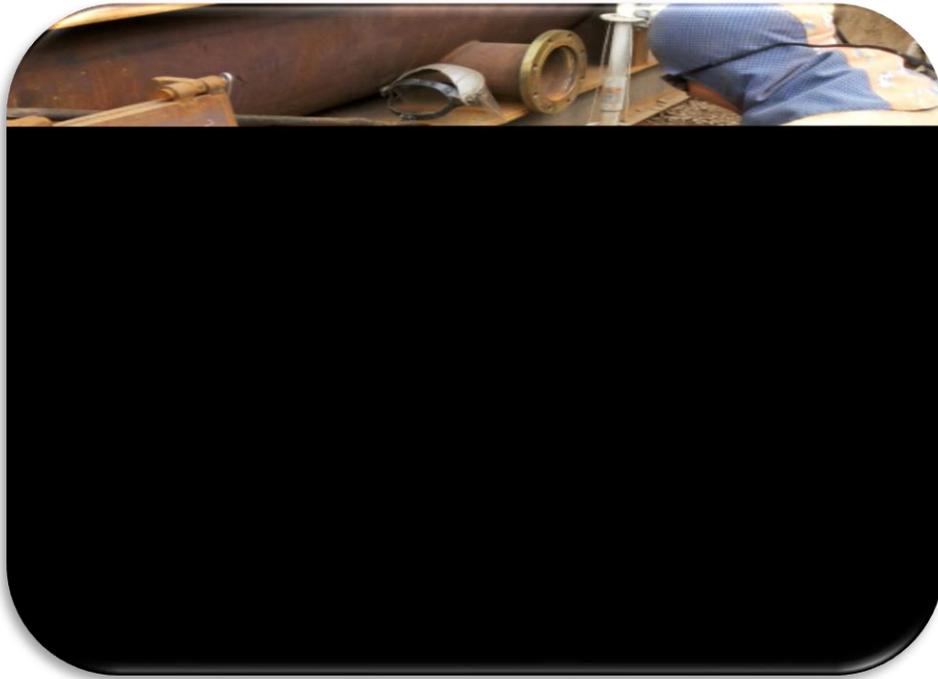
4. La capacidad de producción de soldada por junta: con soldadura *CoreShield* 11 x 2mm de diferentes diámetros de tubería esta detallada en los tabla 4.11 y figura 4.16.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**13. Soldada de tubería de acero al carbono de 8" SCH 40**

| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Velocidad de rotación | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 8" | 1 | 3,18 | 15 RPM | 8 s | 6 min 22s | 6 min 30 s |
| | 2 | 3,04 | 14 RPM | | | |

Capacidad de producción por día: 1 tubo/6.30 min * 720 min = 114.28~~114 tubos por día

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**22. Preparación de tubo acero al carbón 8" SCH 40 y Calibración de velocidad**



Fuente: Autora

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**23. Acabado y presentación del tubo de 8" acero al carbono SCH 40 soldadura más limpia con poca presencia de escoria (pepas)**



Fuente: Autora

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..14. **Soldada de tubería de acero al carbono de 10" SCH 40**

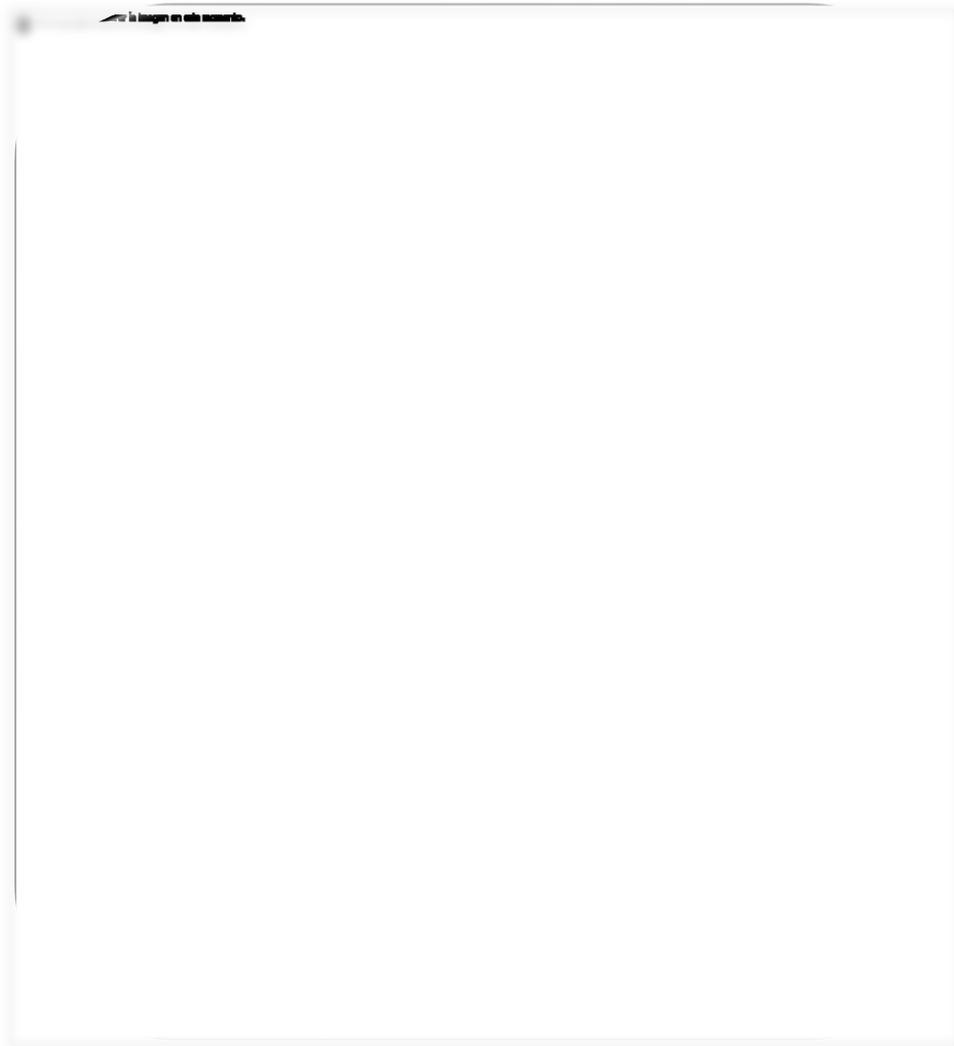
| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Velocidad de rotación | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 10" | 1 | 2,35 | 20 RPM | 9 s | 6 min 29s | 6 min 38 s |
| | 2 | 3,54 | 18 RPM | | | |

Capacidad de producción por día:

Tubería acero al carbón 10"

1 tubo / 6.38 min * 720 min = 112.85~~113 tubos por día.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**24. Soldadura de tubo acero al carbono 10" SCH 40"**



Fuente: Autora

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..25. **Foto 1 Soldado de tubería acero al carbón 10” sobre el girador**



Fuente: Autora

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..15: **Soldada de tubería de acero al carbono de 16” SCH 40**

| Diámetro de tubería | Pases aplicados | Tiempo por pega (min) | Velocidad de rotación | Tiempo Limpieza | Tiempo Total (pega) | Tiempo Total |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 16" | 1 | 3,28 | 18 RPM | 14 s | 7 min 37s | 7 min 51 s |
| | 2 | 4,09 | 11,5 RPM | | | |

Capacidad de producción por día:

Tubería acero al carbón 16”

1 tubo / 7.51 min * 720 min = 95.87~~96 tubos por día.

Fuente: Autora

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**26. Soldada tubo de acero al carbono 16" SCH 40**



Fuente: Autora

Foto 2. Presentación de soldadura en tubo de 16" SCH 40

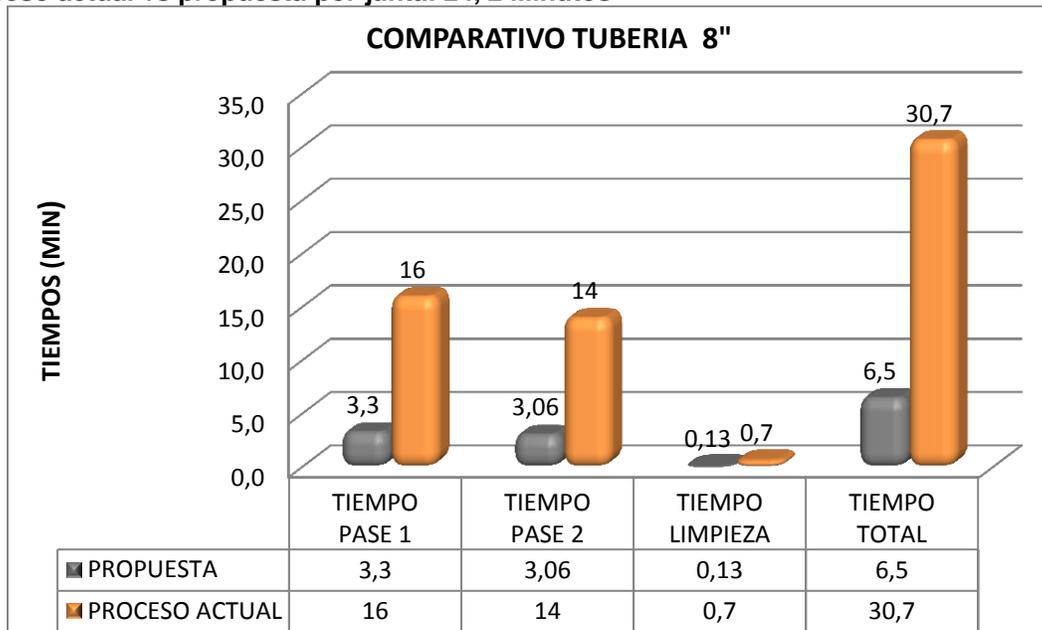


Fuente: Autora

Análisis y resultados: se realizó un comparativo del proceso actual Vs la propuesta siendo esto el resultado.

5. **Proceso 1.** Ver figura 4.21.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..27. **Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 24, 2 Minutos**

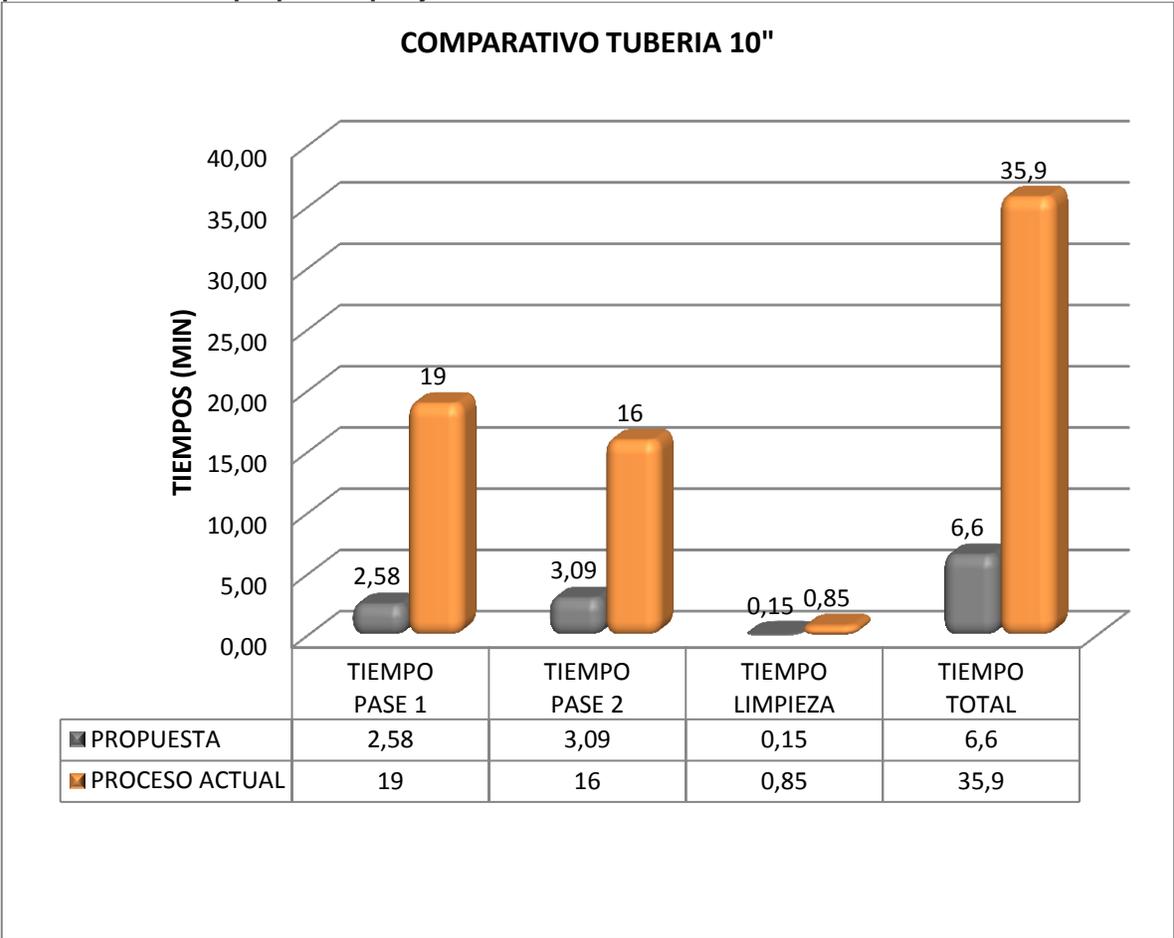


Fuente: Autora

Análisis e interpretación: con la soldadura propuesta se evidencia una reducción en tiempo de 24,2 minutos en la soldada de tubería de acero al carbono de 8” con un consumo total de horas del 17.47%.

Proceso 2. Ver figura 4.22.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**28. Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 29,3 Min**



Fuente: Autora

Análisis e interpretación: con la soldadura propuesta se evidencia una reducción en tiempo de **29,3** minutos en la soldada de tubería de acero al carbón de 10” con un consumo total de horas del **15,61%**.

Proceso 3. Ver figura 4.23.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**29. Tiempo diferencia proceso actual vs propuesta por junta: 45,3 Min**

Fuente: Autora

Con la soldadura propuesta se evidencia una reducción en tiempo de **45,3** minutos en la soldada de tubería de acero al carbón de **16"** con un consumo total de horas del **12,85%**.

1. ALTERNATIVA 2. Adquisición de Nueva Maquinaria-Ayudas mecánicas

Debido a que la capacidad de producción del Área Water no es la más óptima, para aumentar la producción y el rendimiento, se debería hacer unos cambios, implicaría adquirir nueva maquinaria.

2. Girador de Tubería Marca RIDE

3. Características:

1. Capacidad de carga máxima de 1500 libras. (750 lbs. Max para cada unidad y la polea)
2. Diámetro de 1-1/2" a 16".
3. Velocidad de rotación 0 a 8 RPM.
4. Conexión 115 V.
5. Protección para alta frecuencia.
6. Accionado por *switch* o pedal.
7. Funciona para proceso de soldadura semiautomático y/o revestido.

8. Soporte de Tubería Marc RIDE

9. Características:

1. Ideal para alinear y puntear tubería de todos los diámetros

2. Capacidad de carga máxima de 1500 libras. (750 lbs. Max para cada unidad y la polea).

3. Cortadora y biseladora Marca RIDE

4. Características:

1. Ideal para corte de tubería acero inoxidable y acero al carbón.
2. Durable y resistente.
3. Precisión en el corte y exactitud en el bisel.
4. Ideal para corte en tubería de 2" hasta 24"
5. Corte y biselado en todos los diámetros de tubería en tiempos que va entre los 2 minutos y los 3 minutos.
6. Portátil facilita su transporte.
7. No utiliza corriente eléctrica.

8. Soporte de Tubería Para la cortadora y Biseladora

9. Características:

1. Capacidad 2500 lbs (1,135 kg).
2. Se pliega para facilitar su almacenaje.
3. Base construido en tubo cuadrado de 1".

Nota: Soporte de tubería de fácil fabricación, se podría fabricar con material reutilizable

4. Levantadora de Tubería Marca RIDE

1. Características:

1. Capacidad de 2 toneladas (4400 lb).
2. Ensamble rápido máximo 2 personas.
3. Ligero y portátil.
4. Ajustable para diferente altura.

Nota: Levantador de tubería de fácil fabricación, se podría fabricar con material reutilizable

5. Equipo de Soldadura Marca MILLER

1. Características:

1. Equipo multiproceso *miller xmt 425 vs cc/cv autoline*, con alimentador *suitcase x-treme* tipo maletín,
2. Antorcha *bernard q 300*, regulador

3. Manguera, juego de rodillos
4. Para tubular, juego de rodillos
5. Para alambre sólido, pinza masa,
6. Porta electrodo, conectores,
7. Terminales y ocho metros de cable por equipo para repartir entre alimentador, masa y porta electrodo.

Razones para que se realice la inversión en primer lugar es adquirir nuevas tecnologías que den mayor productividad y permiten reducir tiempos, lo cual se ve en forma positiva ante los clientes.

La calidad y la tecnología deben ir de la mano para obtener los beneficios que se requieren con la adquisición de la nueva maquinaria, por lo que la empresa se ve en la necesidad de estudiar y analizar las diferentes ofertas que presentan las compañías que se destacan en la fabricación de ese tipo de maquinaria. Es por eso que se hizo una escogencia de las más destacadas en el mercado y que garanticen la satisfacción del cliente.

1. **Fase V. Estudio de factibilidad financiero.** Una vez desarrollada esta fase se presenta el estudio de factibilidad financiero para implementarlo en la empresa *Independence Drilling S.A.*, en el Área de *Water*.

8. **Costo de soldadura.** Ver tabla 4.14.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..16. **Costo de la Soldadura**

| Descripción | Unión | Descripción | Unidad de medida | Valor (kg) | Total media (kg) |
|---------------------|----------------|---------------------|------------------|-------------|------------------|
| Soldadura Propuesta | A.C-A.C | CoreShield 11 x 2mm | rollo 11,3 kg | \$16,800.00 | \$189,840.00 |

| | | | | | |
|---------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|----------------|
| Soldadura Propuesta | INOX-INOX | CoreB 309L 0.45" | rollo 15 kg | \$ 69,746.00 | \$1,046,190.00 |
| Soldadura Propuesta | AC-INOX | | | \$ 69,746.00 | \$1,046,190.00 |

9. **Costo de la Maquinaria y Equipos.** Ver tabla 4.15.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..17. **Costo Maquinaria**

| Descripción | Costo | Cantidad |
|------------------------|-------------------------|----------|
| Girador de tubería | \$5.300.000,00 | 1 |
| soporte de girador | \$1.500.000,00 | 1 |
| Cortadora y biseladora | \$5.500.000,00 | 1 |
| Equipo de soldadura | \$11.114.190,00 | 1 |
| Soporte de tubería | \$ 440.000,00 | 2 |
| Levantador de tubería | \$9.500.000,00 | 1 |
| Total | \$ 33.354.190,00 | 5 |

Nota: El levantador de tubería y el soporte de tubería-cortadora biseladora se puede fabricar bajo construcción siendo el total de la inversión **\$23.414.190,00**

1. Recuperación del capital

Con el método propuesto aumentaría la producción, es notable a través del Proyecto realizado por **Independence Water.**, así:

2. Proyecto Pozo Lorena Ingenio Castilla Valle del Cauca Rig 8

Los tablas.4.16 y 4.17., muestran el total de juntas que se hicieron en el proceso horizontal con los diámetros de tubería de 10" y 14".

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..18. Cantidad de juntas proceso Horizontal Tubería acero al Carbono 10”

| Tubería acero al Carbón 10" | |
|-----------------------------|-----------------|
| Unión | Cantidad Juntas |
| AC-AC | 14 |
| INOX-AC | 18 |
| INOX-INOX | 2 |

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..19. Cantidad de juntas proceso Horizontal Tubería acero al Carbono 14”

| Tubería acero al Carbón 14" | |
|-----------------------------|-----------------|
| Unión | Cantidad Juntas |
| AC-AC | 17 |
| INOX-AC | 4 |
| INOX-INOX | 1 |

3. **Total Juntas 56 Proceso Horizontal.** Ver tablas 4.18 y 4.19.

Las tablas 4.18 y 4.19., muestran el tiempo total en horas con la soldadura actual.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..20. Total días Soldadura Proceso Horizontal Actual Tubería 10”

| Tubería Acero al Carbón 10" | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------------|----------------------|
| Unión | Total juntas | Tiempo (min) | tiempo total (min) | tiempo total (horas) |
| AC-AC | 14 | 36 | 504 | 8,4 |
| INOX-AC | 18 | 36 | 648 | 10,8 |
| INOX-INOX | 2 | 36 | 72 | 1,2 |
| Total | | | | 20,44 |

Tiempo Total 20,44 horas-----► 2 días

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..21. Total días Soldadura Proceso Horizontal Actual Tubería 14”

| Tubería Acero al Carbón 14" | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|
| Unión | Total juntas | Tiempo | tiempo total (min) | tiempo total (horas) |
| AC-AC | 17 | 50 | 850 | 14,16 |
| INOX-AC | 4 | 50 | 200 | 3,33 |
| INOX-INOX | 1 | 50 | 50 | 0,83 |
| Total | | | | 18,32 |

Tiempo Total 18,32 horas-----► 4 días

En las tablas 4.20 y 4.21., se muestra el total en horas con la propuesta para la soldada de tubería de acero al carbono de 10" y 14".

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**22. Total días soldadura proceso Horizontal Propuesta Tubería 10"**

| Tubería acero al Carbón 10" | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|
| Unión | Total juntas | Tiempo | tiempo total (min) | tiempo total (horas) |
| AC-AC | 14 | 6,38 | 89,32 | 1,48 |
| INOX-AC | 18 | 6,38 | 114,84 | 1,91 |
| INOX-INOX | 2 | 6,38 | 12,76 | 0,21 |
| | | | Total | 3,6 |

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**23. Total días soldadura proceso Horizontal Propuesta Tubería 14"**

| Tubería acero al carbón 14" | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------|--------------------|----------------------|
| Unión | Total juntas | Tiempo | tiempo total (min) | tiempo total (horas) |
| AC-AC | 17 | 7 | 119 | 1,98 |
| INOX-AC | 4 | 7 | 28 | 0,46 |
| INOX-INOX | 1 | 7 | 7 | 0,11 |
| | | | Total | 2,55 |

Tiempo Total: 3 horas

La tabla 4.22., muestra la diferencia en los procesos "actual vs propuesta". El proceso actual es igual a **38,72** horas, promedio de **2** días y la propuesta nueva muestra un total en horas de **3,6** equivalentes a menos de un día de trabajo.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**24. Total Horas utilizadas en los dos procesos "actual Vs Propuesta"**

| | Diámetro tubería | Cantidad juntas | Total /Horas | Total Horas | % Horas |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| Procedimiento actual | 10" | 34 | 20,4 | 38,72 | 91% |
| | 14" | 22 | 18,32 | | |
| Propuesta | 10" | 34 | 3,6 | 3,6 | 9% |
| | 14" | 22 | 2,55 | | |
| | | | Total | 42,32 | 100 % |

En las tablas 4.23., y 4.24., se muestra el total juntas que fueron 16 Proceso Vertical.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**25. Cantidad de juntas proceso Vertical Actual**

| Vertical actual | |
|-----------------|-----------------|
| Diámetro | Cantidad Juntas |
| 10" | 9 |
| 14" | 7 |

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**26. Cantidad de juntas proceso Vertical Propuesta**

| Vertical propuesta | |
|--------------------|--------|
| Diámetro | Juntas |
| 10" | 9 |
| 14" | 7 |

En la tabla 4.25., se muestra el tiempo total (**5,7 horas**) en el proceso actual para soldar tubería de acero al carbono de diámetros de 10 y 14"

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**27. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Actual**

| Diámetro | Juntas | Tiempo (min) | Tiempo total horas |
|----------|--------|--------------|--------------------|
| 10" | 9 | 18 | 2,7 |
| 14" | 7 | 25 | 3 |
| | | Total | 5,7 |

En la tabla 4.26., se muestra el tiempo total que se utilizaría (**0,96---► 1 hora**) en la propuesta para soldar tubería de acero al carbón de diámetros de 10" y 14".

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**28. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Propuesta**

| Vertical propuesta | | | |
|--------------------|--------|--------------|--------------------|
| Diámetro | Juntas | Tiempo (min) | Tiempo total horas |
| 10" | 9 | 3,5 | 0,525 |

| | | | |
|-----|---|--------------|-------------|
| 14" | 7 | 3,85 | 0,44 |
| | | Total | 0,96 |

La tabla 4.27., muestra la diferencia en los procesos “actual vs propuesta”. Total horas proceso actual es **5,7**. La propuesta muestra un total en horas es **0,525** que equivalen a menos de una **(1)** hora de trabajo.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..29. Total Horas utilizadas en los dos procesos “actual Vs Propuesta”

| | Diámetro tubería | Cantidad juntas | Total /Horas | Total Horas | % Horas |
|----------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| Procedimiento actual | 10" | 9 | 2,7 | 5,7 | 92% |
| | 14" | 7 | 3 | | |
| Propuesta | 10" | 9 | 0,525 | 0,525 | 8% |
| | 14" | 7 | 0,44 | | |
| | | | Total | 6,225 | 100% |

La diferencia en los procesos “actual vs propuesta”, el total en horas del proceso actual es **5,7**. La propuesta muestra que el total en horas es **0,525** que equivalen a menos de una **(1)** hora de trabajo.

4. Diferencia en costos. Ver tabla 4.28.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..30. Diferencia en costos

| | Total días entubada | Costo día torre | Total | Diferencia |
|-----------------|---------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Actual Rig 8 | 5 | \$ 4.804.600,00 | \$ 24.023.000,00 | \$ 19.218.400,00 |
| Propuesta Rig 8 | 1 | \$ 4.804.600,00 | \$ 4.804.600,00 | |

La diferencia en costos entre los dos procesos, es sabiendo que el costo de día de Torre 8 es de **\$ 4.804.600,00**.

5. Diferencia en mano de obra. Ver tabla 4.29 y figura 4.24.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..31. Diferencia en mano de obra.

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Mano de obra horizontal | Mano de obra vertical |
|--------------------------------|------------------------------|

| Proceso | Horas | Hora soldador | Total | Proceso | Horas | Hora soldador | Total |
|-----------|-------|---------------|----------------|-----------|-------|---------------|--------------|
| Actual | 60 | \$ 61,393.00 | \$3,683,580.00 | Actual | 6 | \$61,393.00 | \$368,358.00 |
| Propuesta | 12 | \$ 61,393.00 | \$736,716.00 | Propuesta | 1 | \$ 61,393.00 | \$61,393.00 |

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..30. **Porcentaje horas consumo “Propuesta Vs Proceso actual”**

Análisis e interpretación: el costo total de la mano de obra del soldador, teniendo como base la hora de soldador (**\$ 61,393.00**) arrojando sobre-costos en mano de obra, como se observa en la tabla.

6. Diferencia en proceso actual VS propuesta

Costo total mano de obra proceso actual – Costo total mano de obra propuesta

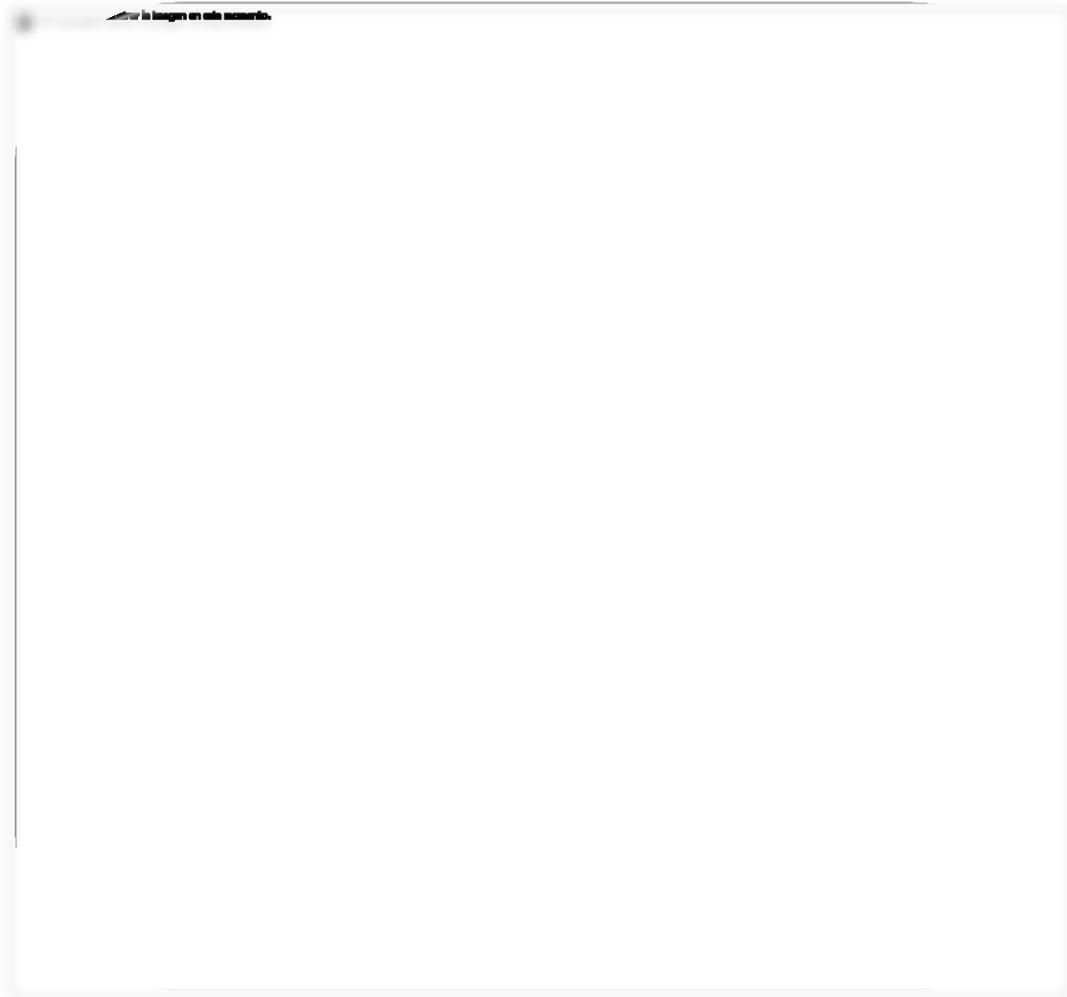
$$CT= \$ 4, 051,938.00 - \$ 798,109.00 = \$ 3, 253,829.00$$

En conclusión el costo que se va a invertir en proceso de soldada de tubería del área de *Water* de la empresa **Independence Drilling S.A**, lo recuperará en tres **(3)** meses esto sabiendo que en promedio por mes se hacen entre tres **(3)** y cuatro **(4)** perforaciones.

De acuerdo a lo anterior, se procede a tomar los tiempos ahora en el **Rig 95** (equipo utilizado para la perforación y posterior extracción del agua por parte de la

empresa ***Independence Drilling S.A.***, en Mosquera-Cundinamarca). Esta prueba pilote se realizó utilizando para la entubada del pozo, con tubería de acero al carbón de 8" y 10".

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**31. Alistamiento de equipo semiautomático de soldadura**

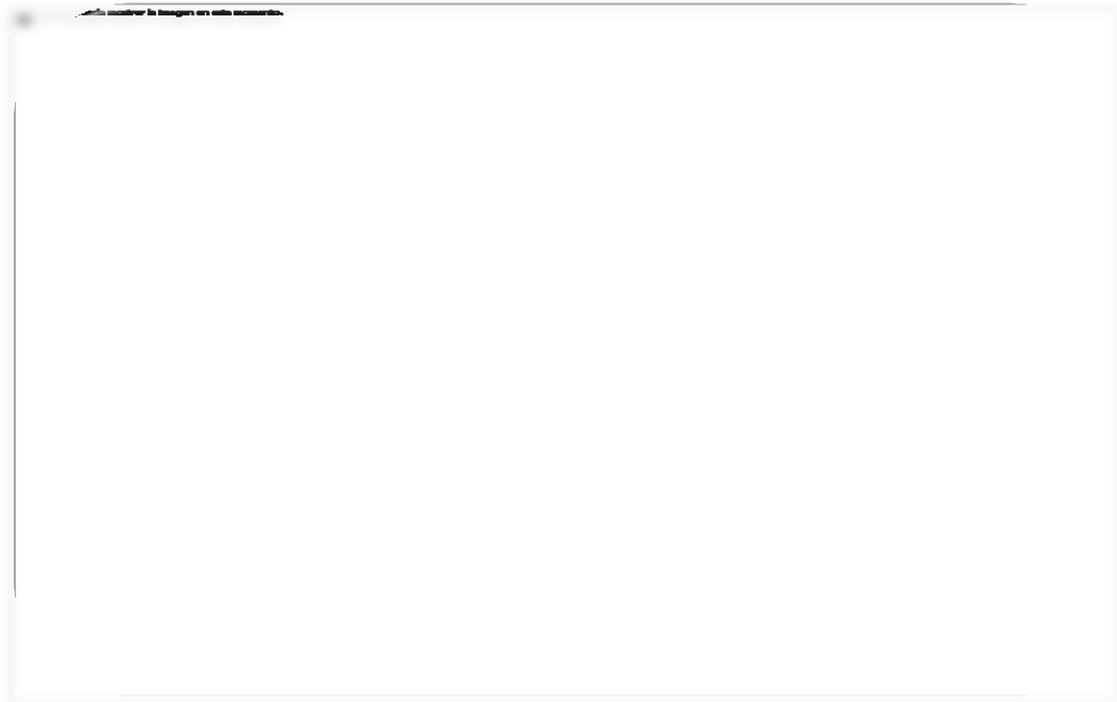


Fuente: Autora

En la foto se puede ver que se realizó el alistamiento del equipo de soldadura, en *Water* siempre se había utilizado equipo para soldadura en electrodo revestida, por ende es un proceso nuevo. El equipo se calibro y se ajustó según las

recomendaciones (Amperaje, voltaje) de la ficha técnica de la soldadura, el equipo y la soldadura funciono correctamente durante todo el piloto.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**32. Aplicación de los dos tipos de soldadura Tubería 8”.**



Fuente: Autora

En la figura 4.26., se puede ver que se aplicó soldadura en media cara del tubo de 8” y 10” con soldadura tradicional y la otra cara con la soldadura propuesta.

En las tablas 4.30 y 4.31., se observan la cantidad de juntas del proceso vertical actual.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**32. Cantidad de juntas del proceso vertical actual**

| Vertical actual | |
|-----------------|-----------------|
| Diámetro | Cantidad Juntas |
| | |
| | |

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**33. Total juntas 22-Proceso Vertical**

| Vertical actual | |
|-----------------|-----------------|
| Diámetro | Cantidad Juntas |
| 8" | 7 |
| 10" | 15 |

En la tabla 4.32., se muestra el tiempo total (**6,8 horas**) en el proceso actual para soldar tubería de acero al carbono de diámetros de 8" y 10"

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**34.Total días y/o Horas-Soldadura Proceso Vertical Actual**

| VERTICAL ACTUAL | | | |
|-----------------|--------|--------------|--------------------|
| Diámetro | JUNTAS | tiempo (min) | tiempo total horas |
| 8" | 7 | 11 | 1,3 |
| 10" | 15 | 22 | 5,5 |
| Total | | | 6,8 |

En las tablas 4.33., y 4.34., se muestra el tiempo total que se utilizaría (**3,1 horas**) en la propuesta para soldar tubería de acero al carbono de diámetros de 8" y 10".

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**35. Total días y/o Horas Soldadura Proceso Vertical Propuesta**

| VERTICAL PROPUESTA | | | |
|--------------------|--------|--------------|--------------------|
| Diámetro | JUNTAS | tiempo (min) | tiempo total horas |
| 8" | 7 | 5 | 0,6 |
| 10" | 15 | 10 | 2,5 |
| Total | | | 3,1 |

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**36. Total Horas utilizadas en los dos procesos "actual Vs Propuesta"**

| | Diámetro tubería | Cantidad juntas | Total /Horas | Total Horas | % Horas |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|---------|
| Procedimiento actual | 8" | 7 | 1,3 | 6,8 | 69% |

| | | | | | |
|------------------|-----|----|--------------|------------|-------------|
| | 10 | 15 | 5,5 | | |
| Propuesta | 8" | 7 | 0,6 | 3,1 | 31% |
| | 10" | 15 | 2,5 | | |
| | | | Total | 9,9 | 100% |

La diferencia en los procesos “actual vs propuesta”, lo constituye que el total de realización en horas del proceso actual es **6,8**, mientras que la propuesta muestra que el total en horas se reduciría a **3,1**.

7. **Diferencia en mano de obra.** Ver tabla 4.35., y figura 4.27.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**37. Diferencia en mano de obra**

| MANO DE OBRA VERTICAL | | | |
|------------------------------|--------------|----------------------|---------------|
| Proceso | Horas | Hora soldador | Total |
| Actual | 6,8 | \$ 61.393,00 | \$ 417.472,40 |
| Propuesta | 3,1 | \$ 61.393,00 | \$ 190.318,30 |

Análisis e interpretación: el costo total de la mano de obra del soldador en el proceso vertical, teniendo como base la hora de soldador (**\$ 61,393.00**) arrojando sobre-costos en mano de obra, como se observa en la tabla.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**33. Porcentaje horas consumo “proceso actual vs propuesta”**

Análisis e interpretación: En una junta de tubería de acero al carbono de **8”** con soldadura de electrodo revestido, en promedio se utilizó un tiempo de **11 minutos**, mientras que con la soldadura propuesta, se redujo el tiempo a **6 minutos**. Esto indica una reducción de **5 minutos** con la alternativa propuesta.

En una junta de tubería de acero al carbono de **10”** con soldadura de electrodo revestido, en promedio se utilizó un tiempo de **22 Minutos**, mientras que con la soldadura propuesta, se redujo a **11 minutos**, Esto indica una reducción de **11 minutos** con la soldadura con la alternativa propuesta.

8. Diferencia en proceso actual vs propuesta

Costo total mano de obra proceso actual vertical – Costo total mano de obra proceso vertical propuesta.

$$\text{CT} = \$ 417.472,40 - \$ 190.318,30 = \$ 227.154,10$$

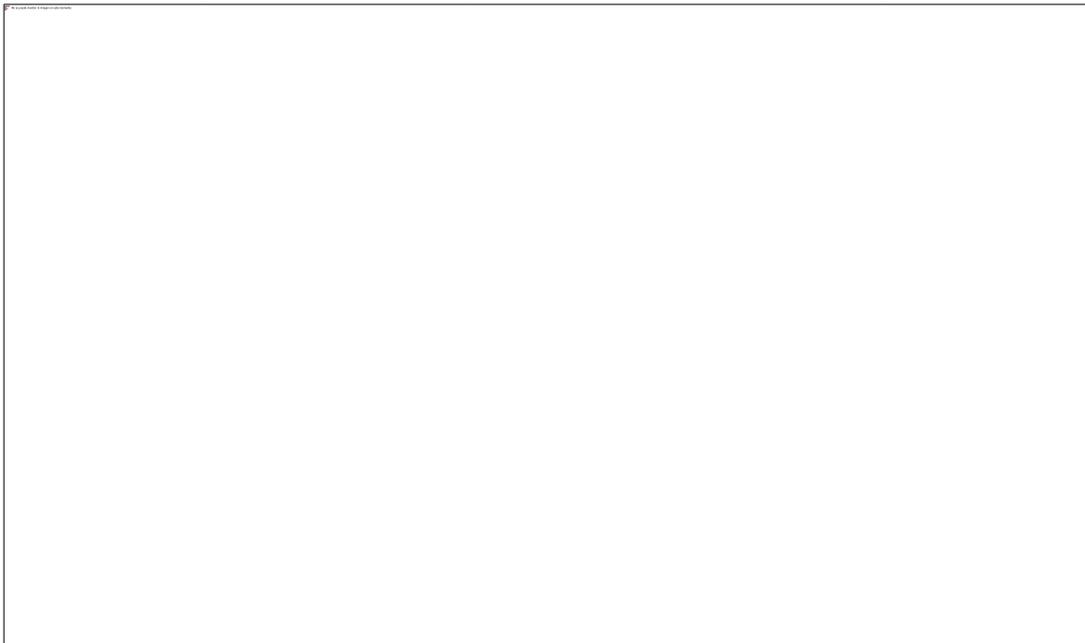
Para finalizar en las figuras 4.28, 4.29 y 4.30., se presentan los equipos propuestos y comparados que ya se encuentran haciendo parte de la de la producción en la empresa **Independence Drilling S.A.**

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**34. Girador de tubería**



Fuente: Autora

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**35. Soportes de tubería**



Fuente: Autora

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**36. Levantador de Tubería**



Fuente: Autora

Nota: El equipo de soldadura no se compró, se alquiló a Factory una empresa del grupo Independence

5. CONCLUSIONES

La adopción de ayudas mecánicas, evitará retrasos y tiempos excesivos en el proceso, y disminuirá en los operadores comprometidos en los procedimientos de corte, biselaje y soldado, problemas lumbares, fatigas y sobreesfuerzos en el desarrollo de tus tareas.

El proceso de soldadura semiautomático garantiza un rendimiento en el proceso, ya que al ser continuo, no solo mejora la calidad de la soldadura, sino que no origina desperdicios, haciendo que el proceso sea 100% efectivo.

La reducción de tiempos en más de un 80% trae resultados positivos a la empresa no solo por su efectividad sino por lo que toda empresa en el mercado desea y es imagen ante el cliente.

La sustitución de métodos y la optimización de tiempos en el proceso se encuentran estrechamente relacionados entre sí, ya que tiene por objetivo avanzar con mayor fluidez, al costo más bajo y con la misma manipulación desde que se recibe la materia prima “soldadura” hasta que se entrega el producto terminado. De esta manera se asegura la eficiencia, seguridad, medio ambiente y comodidad del soldador. Este proceso optimiza mano de obra, aumenta la productividad y trae consigo imagen ante el cliente y dentro de las ventajas que ofrece, se encuentran:

9. No utiliza gases.
10. El producto puede ser utilizado a campo abierto incluso con corrientes de aire densas.
11. Fácil remoción de escoria y pocas salpicaduras.
12. Proceso fácil, seguro y limpio.

1. RECOMENDACIONES

1. Aplicar las mejoras que se propongan en este trabajo, pues estas aumentan la productividad.
2. Adquirir nueva maquinaria la cual mejorara las condiciones actuales del proceso.
3. Capacitación del personal para la realización de sus actividades.
4. Planes de incentivo para el personal que mejorara sus condiciones y así traerá rendimiento y productividad total.
5. Realizar pausas activas previniendo así complicaciones de salud, fatigas problemas lumbares que no solo afecta al operario si no la productividad de *Water*.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta a soldadores empresa Independence Drilling S. A

INSTRUMENTO DIRIGIDO A LOS SOLDADORES

Apreciado trabajador

El siguiente cuestionario, está dirigido a los soldadores que laboran en la soldada de tubería del área de *water* de la empresa **Independence Drilling S.A.** El mismo tiene como propósito, recolectar información importante para la investigación orientada al mejoramiento de producción de la soldad de tubería, lo cual permitirá tener un diagnóstico de las condiciones actuales.

El cuestionario consta de once preguntas cerradas con dos alternativas de respuesta: SI, NO

1. ¿Existen planes de producción diaria para la soldada de tubería en pozo?

SI _____ NO _____

2. ¿cumple con el plan de producción diario?

SI _____ NO _____

3. ¿Se aplican las normas y planes de higiene y seguridad industrial en la empresa?

SI _____ NO _____

4. ¿Realiza usted pausas activas durante la operación?

SI _____ NO _____

5. ¿Considera usted que trabaja bajo presión al momento al momento de realizar la soldada de tubería?

SI _____ NO _____

6. ¿Cuentan con ayudas mecánicas para la proceso de soldada de tubería?

SI _____ NO _____

7. ¿Los equipos de soldadura reciben mantenimiento?

SI _____ NO _____

8. ¿Existen procedimientos estándares de operación que describen la forma correcta de realizar la actividad de soldada de tubería?

SI _____ NO _____

9. ¿considera usted que todos los soldadores conocen y saben cómo hacer el proceso correcto en la soldada de tubería para el área de *Water*?

SI _____ NO _____

10. ¿Considera usted que el área de *Water* desarrolla programas de incentivos para elevar la motivación del personal?

SI _____ NO _____

11. ¿Se recibe la materia prima justo a tiempo?

SI _____ NO _____

Fuente: Autora

Anexo B. Ley 99 de 1993

Obligaciones en salud y seguridad: Funciones del ministerio y corporaciones en planes de emergencia

1. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector
2. Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>

Anexo C. Decreto –Ley 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente)

Obligaciones en salud y seguridad: Preservar el Paisaje

1. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

Anexo D. Decreto Reglamentario 1541 de 1978

Manejo de aguas no marítimas

Tiene como finalidad:

1. El dominio de las aguas, causes y riberas y normas que rigen su aprovechamiento, para asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.
2. La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas de agotamiento, asegurando la preservación cuantitativa para garantizar la permanencia del recurso.
3. El régimen a que están sometidas ciertas categorías especiales de agua.
4. Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización del recurso.
5. La conservación de las aguas y sus cauces.
6. Asegurar su mantenimiento y conservación, así como el pago de las obras hidráulicas que se construyan en beneficio de los usuarios.

Fuente: <https://prezi.com/sy1xeomq1no2/decreto-1541-de-1978/>

REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá/ Secretaría Distrital de Desarrollo Económico (2010). Foro Internacional De Desarrollo Económico, Productividad y Competitividad Para Ciudades

Blau Gary, (1993) Rendimiento laboral: influencias de la motivación y el presencialismo
<http://es.workmeter.com/blog/bid/291345/Rendimiento-laboral-influencias-de-la-motivaci-n-y-el-presencialismo>

Bernardo (1885) Procesos de soldadura por arco eléctrico
<http://materias.fi.uba.ar/6716/Procesos%20de%20soldadura%20por%20arco%20e-lectrico.pdf>

Cabrera, Henry Ricardo (2009) Aplicación de un Procedimiento de mejora a procesos ordenados secuencialmente a partir de métodos multicriterios
<http://corladlima.org.pe/2/download/aplicaciodeunprocedimientomejora.pdf>
[Consultado en diciembre de 2014]

Cardona Jiménez Martin Eduardo y Butrón Hernández Yhonatan (2010) Líneas de producción. <http://es.slideshare.net/controlbutron/cusersmartindesktoplneas-de-produccion>

Consejo Nacional de Investigaciones de Chicago (1927) Experimento en una fábrica de la *Western Electric Company*, en el barrio de *Hawthorne* de Chicago
http://economia-virtual.com/enfoque_humanist_1.html

Duarte Cortes, Sandra Milena (2015) La competitividad.
<https://prezi.com/osdraqyg3hro/presentado-por/>

Espinoza Jackmeli (2012) La optimización y la ingeniería en sistemas.
http://es.slideshare.net/Jack_meli/optimizacion-15005048

Fernández, D. (2008). Propuesta para incrementar la capacidad de producción en el área de secado en una planta procesadora de maíz. Trabajo de grado. Universidad Yacambú. Cabudare.

Profesor García Ferrado M (2008) ¿Qué es una encuesta?
<http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/queesunaencuesta.pdf>

Lefcovich, Mauricio León (2003) *kaizen, just in time*, rehabilitación financiera de empresas y productividad Argentina http://www.eafit.edu.co/ecards/adjuntos-mercurio/institucional/img/2014/archivos-control_reduccion_costos.pdf

Islas Alejandra (2013) La producción es la actividad económica que aporta valor agregado. <https://prezi.com/6elbcnvx7hcz/la-produccion-es-la-actividad-economica-que-aporta-valor-agr/> Moreno, Keitty (2015) Estrategia empresariales <http://estrategiasempresarialesigloxxi.blogspot.com/2015/05/objetivos-objetivogeneral-definir-los.html> [Consultado en diciembre de 2014]

Miranda (2010) Gestión de proyectos
<http://ecaths1.s3.amazonaws.com/practicaprofionalizante3/1890476755.Gesti%C3%B3n%20de%20Proyectos%20-%20Juan%20Jos%C3%A9%20Miranda.pdf>

Norma Técnica Colombiana. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá, D.C: ICONTEC, 2008 (NTC 1486).

Oñoro Martínez Roberto Carlos (2007) Ensayos de Gerencia Social. Otra gerencia es posible <http://www.eumed.net/librosgratis/2007c/315/flexibilidad.htm>

Pineiro (1993) El concepto de competitividad
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/economia/industrilatina/246.htm>

Centro de Gestión de Mercados, Logística y TIC'S-SENA (2012) Operación y Mantenimiento de pozos profundos para acueductos.
http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html

Quintero, R. (2006) Proyecto de mejoras para incrementar la capacidad y productividad de una línea de producción de galletas. Trabajo de grado. Universidad politécnica Antonio José de sucre. Barquisimeto.

Talavera Peguezuelos, C. (1999) Calidad total de la administración pública granada unión iberoamericana de municipalitas (1999) <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo>