



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA FCAW EN
LA FABRICACION DE PILOTES PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA IMI DEL PERU SAC**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Bach. VILCHEZ REQUENA JOEL JOSE MANUEL

ASESOR

DR. ARELLANO RAMIREZ CARLOS ENRIQUE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PLANEACIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

PIURA – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

M.B.A. Luciana Mercedes Torres Ludeña
PRESIDENTE

M.B.A. Danny Daniel Antón Asanza
SECRETARIO

M.G. Carlos Alberto Raymundo García
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la vida, guiarme, protegerme y bendecirme en cada momento de mi vida, permitiendo así la realización y culminación del primer objetivo trazado, ser un profesional.

Así mismo dedico este trabajo a mi esposa e hijos por el amor, atención y apoyo incondicional que me brindan día a día, siendo el motivo principal para esforzarme y luchar por la obtención de mi título profesional, al igual que, a mis padres, hermanos por el gran amor, esfuerzo, dedicación y apoyo brindado en cada momento de mi vida.

A mis profesores, por la preparación que me otorgaron durante mi carrera y así mismo a todas las personas que contribuyeron para que este trabajo alcance el objetivo deseado.

A mi asesor Dr. Carlos Enrique Arellano Ramírez por su asesoramiento firme, por su entendimiento, gentileza, seguridad y aliento mostrado en cada momento, ya que permitieron la culminación del presente trabajo de investigación, quien constantemente con su asesoría y guía me alentaron en el trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por regalarme una gran familia y permitirme estudiar la carrera de ingeniería industrial acompañándome cada año de preparación hasta la culminación del mismo, obteniendo mi título profesional.

Así también agradezco a mi familia por la comprensión y paciencia por mis largas horas invertidas durante mi carrera profesional, por motivarme, por darme fuerzas, por compartir mis alegrías y tristezas y por su aliento constante para seguir adelante.

Así mismo agradezco a los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial, por los conocimientos transmitidos durante el desarrollo de mi formación universitaria para poder cumplir con las metas y objetivos trazados en este desarrollo de tesis.

De igual manera agradezco a IMI del PERÚ SAC por brindarme todas las facilidades para realizar mi proyecto y a todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación compañeros de trabajo y amigos de parcela 25.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **JOEL JOSÉ MANUEL VÍLCHEZ REQUENA**, con DNI N° 44722905 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Piura, mayo del 2017.

VILCHEZ REQUENAJOEEL JOSE MANUEL

DNI N°: 44722905

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA FCAW EN LA FABRICACION DE PILOTES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA IMI DEL PERU SAC” con la finalidad de determinar en cuanto mejora la productividad en la construcción de pilotes, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Formulación del Problema	16
1.3. Objetivos	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
II. MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.1. Variables.....	17
2.2. Operacionalización de variables.....	17
2.3. Metodología	19
2.4. Tipos de estudio	19
2.5. Diseño.....	20
2.6. Población, muestra y muestreo	20
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
2.8. Métodos de análisis de datos.....	21
2.9. Aspectos éticos.....	21
III. RESULTADOS	22
3.1 TIEMPOS DE PARADA, VOLÚMENES DE SOLDADURA Y COSTOS DE OPERACIÓN ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN.	22
3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA FCAW.....	25
3.3 TIEMPOS DE PARADA, VOLÚMENES DE SOLDADURA Y COSTOS OPERATIVOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN	31
3.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	32
3.4.1. Desarrollo de capacidades	37
3.4.2. Alimentación Continua con Electrodo Tubular	37
3.4.3. Proceso de soldadura FCAW	38
IV. DISCUSIÓN.....	39
V.CONCLUSIONES.....	41
VI. RECOMENDACIONES.....	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43
ANEXOS	46

Índice de Figuras

Figura 01: Máquina de soldar.....	26
Figura 02: Alimentador	26
Figura 03: Pistola y Cable.....	27
Figura 04: Alambre Tubular.....	27
Figura 05: Gas Protector.....	28
Figura 06: Soldeo de Probeta con FCAW.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Operacionalización de variables.....	18
Tabla 02: técnica e instrumento de indicadores	21
Tabla 03: Tiempos de paradas (SMAW).....	23
Tabla 04: Volúmenes de soldadura (SMAW).....	24
Tabla 05: Mano de Obra (SMAW).....	24
Tabla 06: Cantidad y costos de electrodos.....	25
Tabla 07: Parámetros de soldadura.....	30
Tabla 08: Tiempos de parada del proceso de soldadura FCAW.....	32
Tabla 09: volúmenes de soldadura (FCAW).....	33
Tabla 10: Mano de obra (FCAW).....	33
Tabla 11: cantidad y costos de electrodos (FCAW).....	34
Tabla 12: Análisis comparativo de productividad entre SMAW y FCAW.....	35
Tabla 13: Análisis comparativo entre SMAW y FCAW.....	36
Tabla 14: Estadísticos de Muestras Relacionadas.....	36
Tabla 15: Prueba de Muestras Relacionadas.....	36
Tabla 16: Contrastación de hipótesis 1.....	37
Tabla 17: Contrastación de hipótesis 2.....	38
Tabla 18: Contrastación de hipótesis 3.....	38

RESUMEN

La presente investigación tuvo como Objetivo General determinar en cuánto mejora la productividad en la fabricación de pilotes implementando el proceso de soldadura FCAW en la Empresa IMI del Perú SAC. Para el logro del mismo se realizó una capacitación a los trabajadores sobre el proceso de soldadura FCAW como parte importante de este proceso, con lo cual fueron evaluados durante una semana soldando probetas de tubo de 20"Ø X 1.125" a 1.125" demostrando sus habilidades adquiridas, dicha probeta fue inspeccionada visualmente por el encargado del control de calidad de la empresa IMI del Perú SAC dando su aprobación para luego ser radiografiadas y determinar si la probeta cumple los requerimientos que pide la norma AWS D1.1 Código de Soldaduras Estructurales - Acero. La muestra estuvo conformada por los pilotes, el diseño empleado fue pre experimental realizando mediciones de los tiempos de paradas, volúmenes de soldadura y los costos operativos en el pre test y el post test. Para este trabajo de investigación se usó el proceso de soldadura FCAW debido a su gran versatilidad y capacidad para lograr elevada deposición de material, siendo aplicable en aceros al carbono y aceros de baja aleación, con lo cual se redujeron los tiempos de parada, volúmenes de soldadura y costos operativos mejorando la productividad de la empresa. Los resultados obtenidos fueron: los tiempos de paradas antes de la capacitación fueron 4127.2 min y después de la capacitación con el proceso FCAW fueron 2129.4 min, con lo cual se redujeron aproximadamente a 1991.5min (48.4%), así mismo los volúmenes de soldadura con la alimentación continua del electrodo tubular disminuyó de 595kg a 350kg (es decir en un 42.2%) la cantidad de soldadura que se requiere para 70 juntas y los costos de operación con el uso del proceso de soldadura FCAW disminuyeron de S/.32,113.8 a S/.27,885.4 (es decir en un 13.17%).

Palabras Clave: soldadura FCAW– Pilotes – Productividad

ABSTRACT

The present investigation had as General Purpose to determine by improving productivity in manufacturing piles implementing the FCAW welding process in the IMI del Peru SAC Enterprise. To achieve the goal, workers' training was conducted on the FCAW welding process as important part in this process, which they were evaluated for a week welding tube specimens 20 "diameter X1.125"to1.125"demonstrating their acquired skills, this specimen was visually inspected by the QC manager of the IMI del Peru SAC Enterprise giving his approval before being imaged, to determine if the tube specimen meets the requirements calling for the standard AWS D1.1 Structural Welding Code - Steel. The sample consisted of piles; the using design was pre experimental performing measurements of downtime, soldering volume and operating costs in the pre test and post test. For this research work, FCAW welding process was used due to its versatility and ability to achieve high deposition of material being applicable in carbon steel and alloy low steels, which downtimes are reduced, welding volumes and operating costs by improving enterprise productivity. The results were: the downtime before training were 4127.9 min and after training with the FCAW process were 2136.4 min, whereupon welding were reduced approximately 1991.5 min (48.2%), also welding volumes with continuously feeding the wire electrode were reduced from 350kg to 595kg (ie 42.2%) the amount of solder required for 70 joint and operating costs with the using FCAW welding process decreased S/.32,113.8 to S/.27,885.4 (ie18.2%).

Palabras Clave: FCAW Welding– Piles – Productivity

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de la implementación del procedimiento de soldeo con alambre conocido como FCAW con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción de pilotes. El ambiente de desarrollo de esta tesis ha sido el taller de soldadura parcela # 25 de la empresa IMI del Perú SAC ubicada en la ciudad de Talara. El desarrollo del presente trabajo estuvo basado en los siguientes antecedentes.

Para, Garcés (1995), en su tesis titulada “influencia de los parámetros de soldadura con electrodo tubular sobre las características de uniones soldadas”; durante su ejecución, establece la relación de los parámetros de soldadura como: voltaje, amperaje, velocidad de avance del arco eléctrico con las propiedades de la unión soldada utilizando el proceso soldadura al arco con electrodo tubular de núcleo fundente. El objetivo general es estudiar y analizar la aplicación y maniobrabilidad del mismo en el cual era nuevo en su medio. como resultado de este trabajo se concluye que el proceso de soldadura con electrodo tubular de núcleo fundente es aplicable en aceros de bajo y medio carbono en planchas de espesores de 6mm y mayores, para lo cual se ha de controlar adecuadamente los parámetros de soldadura principales como voltaje, amperaje y velocidad de avance, para eliminar la penetración insuficiente encontrada en este estudio es posible reducir la prolongación electrificada que disminuirá la resistencia eléctrica, provocando un aumento en la intensidad del arco que permitirá fundir más material, logrando mayor penetración. El mismo efecto se logra con una velocidad de avance menor o con el aumento de corriente, se concluye además que la porosidad disminuye cuando se reduce el voltaje, para una corriente correspondiente muy alta. Es posible lograr el mismo efecto aumentando la prolongación electrificada, que incrementa la resistencia eléctrica y provocara una disminución en el voltaje de arco que será adecuado para al corriente de operación.

Según, Hernández (2009), en su tesis titulada “propuesta de mejoras en los trabajos de soldadura realizados en constructora TAMPA C.A”, nos dice En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio del proceso de soldadura de tubería ejecutado en Constructora Tampa C.A., con la finalidad de plantear propuestas para minimizar los defectos de la referida soldadura. Se seleccionó este problema debido a que se estaba presentando un elevado índice de rechazo, que traía como consecuencia el retrabajo y, por ende, el aumento de los costos. El objetivo general es Proponer

mejoras en los trabajos de soldadura realizados en el Proyecto “Paraguas OCEMI’s para nuevos clúster y tubería campo traviesa”. Los objetivos específicos son Describir la situación actual del proceso de soldadura, Clasificar los tipos de defectos que están presentes en la soldadura de tuberías, Analizar mediante herramientas estadísticas los defectos presentes en la soldadura de tuberías, Elaborar las propuestas de mejoras para minimizar el porcentaje de rechazo de la soldadura de tuberías, Estimar costos generados por las mejoras, la metodología que se utilizó investigación de campo, documental y exploratorio, conclusiones más relevantes, Se observó que el procedimiento de soldadura de tubería se lleva a cabo, pero con ciertas fallas, tanto en los soldadores y ayudantes, como por parte de la inspección de la misma, a pesar de que Constructora Tampa C.A. cumple con todos los registros necesarios para las liberaciones de las juntas soldadas, En el diagrama causa – efecto o diagrama de Ishikawa, se comprobó que los defectos de la soldadura son ocasionados por diversos elementos, como mano de obra, material, maquinaria y medio ambiente, ya que éstos intervienen directamente en la realización de la soldadura, Se determinó que las discontinuidades y/o defectos más críticos son: socavación, falta de penetración, falta de fusión y grieta debido a que éstos no son aceptados por la norma, y al no ser corregidos con el pasar de los tiempos, podrían producir fallas en la unión soldada. El sustento teórico para la siguiente investigación se basa en las ventajas, desventajas, características y equipos de los procesos de soldadura FCAW y SMAW. Además la capacitación es un factor importante para la ejecución de la investigación.

La FCAW es un proceso de soldadura eléctrica en el cual, el calor necesario para efectuar la soldadura, es producido por el arco eléctrico que se forma entre el metal base y un electrodo tubular continuo consumible que actúa como metal de aporte [12]. La protección proviene de un fundente que está contenido internamente en el electrodo continuo de forma tubular; se considera que el proceso es auto protegido y si se desea mejores resultados se puede adicionar protección de un gas o mezcla de varios gases en forma externa para mejorar los resultados y entonces el proceso se considera protegido con gas. El proceso FCAW tiene como método de aplicación más común el semiautomático, en el que el soldador se encarga del desplazamiento y alimentación manuales de una pistola de soldar; el alimentador de alambre suministra continuamente el alambre de aporte y la fuente de poder mantiene la longitud de arco.

En el proceso de soldadura con electrodo tubular combina la versatilidad y maniobrabilidad de los electrodos revestidos y las ventajas de alta deposición de un proceso automático [5]. Al principio la

idea fue lograr un electrodo con características de auto protección en forma de rollos o bobinas, para ser alimentado mecánicamente al arco eléctrico de manera tal que se ahorraría tiempo en el cambio de electrodo y se disminuiría la pérdida de material en forma de electrodos revestidos. De esta manera se logró desarrollar un proceso semiautomático y automático para soldar con electrodos tubulares de núcleo de fundente. En el interior del electrodo tubular es posible encontrar los ingredientes que sirven de fundentes y que desoxidan el metal fundido, generando gases y vapores protectores, así como escoria.

La esencia del proceso semiautomático de soldadura con electrodos tubulares de núcleo fundente; es el electrodo, de manera que cuando se varía la longitud se genera cierta resistencia lo que puede sobre calentar y dañar el recubrimiento. Pero cuando el contacto eléctrico es hecho cerca del arco. Como ocurre con los electrodos tubulares, corriente relativamente altas puede ser usadas aun con diámetros pequeños, por esta razón es posible en un proceso semiautomáticos proporcionar régimen de deposición más altos que los electrodos convencionales con revestimiento. En los procesos semiautomáticos con electrodos tubulares los regímenes de deposición son elevados y se elimina el tiempo perdido para cambiar los electrodos, dando como resultado un ahorro significativo en la producción habiendo estadísticas que sustentan incrementos en los regímenes de deposición tanto como 400%, es así que el futuro proyecta al proceso semiautomático de soldadura al arco con electrodos tubular de núcleo de fundente como el sustituto firme del proceso de soldadura al arco con electrodo revestido. Una de las razones para incorporar el fundente en el interior del electrodo es hacer más fácil el producir bobinas de electrodo tubular, pues cuando el fundente se encuentra en el exterior, como en los electrodos revestidos estos son quebradizos y no permitirían la elaboración de las bobinas. Además permite resolver el problema de hacer continuos contactos eléctricos en un punto de la pistola cerca del arco eléctrico. Como se sabe, una de las limitaciones de los electrodos revestidos es el largo y la variación de longitud del electrodo entre el punto de contacto eléctrico en el porta electrodo y el final del mismo. Esto limita la corriente que puede ser usada debido a la resistencia eléctrica que produce calentamiento en el electrodo. Altas corrientes son capaces de proporcionar altas deposiciones y altas temperaturas en el electrodo, de manera que cuando se varía la longitud se genera cierta resistencia lo que puede sobrecalentar y dañar al recubrimiento. Pero cuando el contacto eléctrico es hecho cerca del arco, como ocurre con los electrodos tubulares, corrientes relativamente altas pueden ser usadas aun con diámetros pequeños, por esta razón es posible en un proceso semiautomático proporcionar regímenes de deposición más altos que los electrodos con revestimientos.

Según, Garcés (1995), en su investigación resalta que el factor con más importancia en el proceso FCAW es la capacidad de producir regímenes de deposición elevados. Lo cual es útil para los constructores pues sería económicamente impráctico un bajo régimen en aquellos casos con materiales pesados y piezas de forma compleja donde la apariencia o perfección en el detalle no tienen valor en el producto final, de esta manera es posible lograr uniones con excelentes características donde sería muy difícil o costoso lograrlo. En resumen, las principales ventajas del proceso de soldadura al arco con electrodos tubulares de núcleo fundente son: se logran regímenes de deposición de hasta cuatro veces más y usualmente se reducen los costos operativos cuando es comparado con el procedimiento de soldadura por arco eléctrico con varilla revestida; en condiciones normales, elimina los problemas de absorción de humedad y almacenaje que ocurre con los electrodos de bajo hidrogeno así como los tiempos perdidos por parada para descansar y durante el cambio del electrodo revestido que se ha consumido; además al lograr depositar en un solo pase un régimen mayor de deposición, se ahorra el tiempo de limpieza que debería utilizarse entre pases; por último simplifica las tareas de entrenamiento, calificación, supervisión, selección del equipo y mantenimiento, labores logísticas de los soldadores, materiales y equipó de trabajo, porque permite usar un solo proceso y hasta un solo tipo de electrodo en diferentes aplicaciones.

De acuerdo con, Hurtado (2012), en su curso de preparación CWI – PUCP nos dice que las ventajas del proceso FCAW es la buena calidad de los depósitos de soldadura dando buen aspecto al cordón de soldadura además de su alta tasa de deposición horaria (alta productividad) gracias al alto rendimiento del alambre tubular dando menores tensiones y deformaciones también permite trabajar en campo abierto con poca dilución con el metal base así como menor número de pases menor aporte de calor (menos consumo de energía) facilidad para automatización y menor costo de mano de obra.

En el mismo curso, Hurtado (2012), nos dice las desventajas del proceso FCAW las cuales es el alto nivel de humos costo de los alambres tubulares además los depósitos pueden presentar mala tenacidad debido al contenido de aluminio en el relleno si el alambre no se protege se oxida rápidamente o adquiere humedad a su vez el arco eléctrico produce gran radiación costo de inversión de los equipos no es muy versátil para transportarlo.

Para, Garcés (1995), en su investigación nos dice que antes de soldar, se tiene que manejar con precaución el control de las variables del proceso además los controladores de cada una de estas variables deberán especificar el rango de operación y podrán ser ajustados de acuerdo a pasadas

experiencias así como las recomendaciones del fabricante y de las normas de los organismos pertinentes como AWS ASTM NEMA entre otros deberá chequearse aspectos como si la fuente de poder genera la corriente necesaria para soldar con determinado electrodo tubular verificar si la fuente es de corriente alterna o directa si es de voltaje constante o voltaje variable si el alimentador de electrodo es adecuado para el tipo de trabajo a realizarse si los rodillos impulsadores y los tubos guías son los correctos para el diámetro del electrodo verificar la presión de los rodillos de acuerdo al diámetro del electrodo y a las recomendaciones del fabricante por lo consiguiente la pistola cables y la boquilla deberán ser los adecuados para el diámetro del electrodo usado así como la prolongación electrizada recomendada por el fabricante y la experiencia del soldador además de que el encendido del arco se produce gracias a la presencia de una pieza de contacto que se encuentra en el interior de la boquilla de la pistola la cual transmite la corriente proveniente de la fuente de poder sabiendo que la boquilla depende del diámetro del electrodo así como de la prolongación electrizada dependiendo del modelo de la pistola hay de contacto que se encuentran visibles o en el interior de manera que la boquilla la oculta lo que permite evitar que durante el proceso se quemara la pieza de contacto debido a la falta de experiencia o cuidado es importante mencionar que el electrodo no debe ser empujado hacia abajo como ocurre con los electrodos revestidos porque el alimentador de electrodo mecánicamente lo empuja por medio de rodillos impulsadores y es en la pistola donde se encuentra el gatillo que acciona a los rodillos para romper el arco eléctrico el fabricante usualmente recomienda determinados valores de velocidad de alimentación y de voltaje de acuerdo al tipo de electrodo tubular que se vaya a usar además la remoción de escoria es muy fácil en la mayoría de electrodos tubulares de núcleo fundente de manera que esta se enfría y desprende detrás del depósito fundido o en ciertas ocasiones lo único que se requiere es de una piqueta y un cepillo para desprenderla.

Según, Garcés (1995), las cuatro variables de operación principales que afectan el rendimiento de la soldadura por arco eléctrico con electrodos tubulares alma de fundente son: el voltaje de arco, la corriente, así como velocidad de avance y la prolongación electrizada; estas variables son interdependientes y si una varía o es cambiada otra o todas requerirán ajustes. Los equipos principales para la operación durante el proceso de soldeo con alambre tubular se denominan en seguida: Estos procesos de soldadura; requieren de fuentes de poder las cuales suministran una determinada corriente y voltaje para las cuales suministran una determinada corriente y voltaje para la obtención de depósitos de calidad de manera que el arco se mantenga durante la operación. Esta corriente debe ser continua o directa y debe ser regulada de manera continua o directa

asimismo de forma precisa y cuidadosamente suministrada para obtener las características del arco deseadas.

En su manual de soldadura, SOLDEXA (2012), afirma que el alambre tubular es dirigido por el alimentador de forma automática a través de una bobina ensamblada con la pistola y cable al arco, siendo la velocidad del alambre la que condiciona el voltaje a utilizar para soldar. Para finalizar el proceso se conectan tres accesorios a la maleta una pistola y cable para que conduzcan el alambre, la botella de gas para proteger la soldadura y la corriente al arco, además se tiene que escoger el alambre tubular que tenga las características de composición, aleación y los niveles de resistencia del material base a soldar. Los alambres están dispuestos en diferentes diámetros para facilitar el soldeo en diferentes posiciones.

En su curso de preparación, Hurtado (2012), manifiesta que ciertos electrodos son elaborados para utilizarlos sin protección gaseosa adicional diferente al revestimiento introducido en el electrodo, teniendo la siguiente numeración 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11 sin embargo los electrodos que tengan los números 1, 2 y 5 necesitan cierta protección superficial para reforzar la seguridad del material fundido. Estos tipos otorgan ventajas de acuerdo a la aplicación, complementariamente los sufijos GS y G describen a pases múltiples y un solo pase relativamente.

En su manual de soldadura, SOLDEXA (2012), manifiesta que el proceso con electrodo revestido, es un mecanismo de fusión por derretimiento de la pieza metálica, la cual fusiona los metales debido a la concentración de calor del arco eléctrico determinado por los bordes de los materiales a soldarse además del electrodo, provocándose una cohesión en la zona afectada que al enfriarse forma un cordón de soldadura que une los metales de forma permanente. El equipo está conformado por un Generador de corriente (fuente de poder) en donde se conectan los cables de soldadura uno que va al positivo que es el porta-Electrodo y el otro al negativo que es la masa o tierra a su vez este se sujeta a la pieza de trabajo que al hacer contacto con el electrodo inicia el arco de soldadura.

Para, Hernández (2009), en su tesis "Propuesta de Mejoras en los Trabajos de Soldadura Realizados en Constructora TAMPA C.A", describe al proceso SMAW, como un método de soldadura manual donde se determina un circuito eléctrico entre la fuente de poder con el electrodo el arco soldar la pieza de trabajo y de regreso a la fuente de poder los electrones que fluyen a través del espacio entre los electrodos y la pieza de trabajo producen un arco que genera el calor necesario para fundir

tanto al propio electrodo como al metal base la temperatura del arco puede sobrepasar los 6000 °F (3300 °C) a su vez el arco calienta tanto al electrodo como a la pieza de trabajo en la punta del electrodo se forman glóbulos de metal derretido los cuales caen y se mezclan con el charco de metal fundido que se forma en la herramienta de trabajo cuando se aleja la varilla del charco la mezcla de metales se solidifica y con esto se completa la soldadura, el electrodo está recubierto con un fundente el calor producido por la corriente eléctrica provoca la combustión y la descomposición de este fundente lo que genera una nube de gases que protege de la contaminación atmosférica. El extremo del electrodo, la pieza de trabajo y el charco de metal fundido el fundente también contiene materiales que recubren las gotas de acero fundido que transfieren metal de aporte y se convierten en escoria cuando se enfrían.

En su trabajo de investigación, Hernández (2009), nos da a entender que el electrodo es quien lleva la corriente y soporta el arco establecido entre la varilla y la pieza de trabajo o entre dos varillas como la soldadura de arco con carbones gemelos donde puede o no otorgar metal de aporte la definición de electrodo es parecido en la mayor parte de los autores. Asimismo en su curso de preparación CWI, Hurtado (2012), manifiesta que el electrodo es la parte fundamental en el proceso de soldeo con electrodo revestido. Está formado por un núcleo metálico llamado varilla; protegido con un revestimiento compuesto de sustancias granulares (químicas) conservadas por un agente aditivo. Los electrodos de acero dulce y baja aleación comparten el núcleo metálico, de bajo contenido de carbono y acero desoxidado. Además toda aleación está cubierta por un envolvente, requerido por el bajo costo que genera adicionar aleantes de esta forma. Los diferentes tipos de electrodos se clasifican de acuerdo a su recubrimiento. Estos se utilizan para 5 funciones variadas las cuales se describen a continuación:

La protección, en el cual la envoltura se descompone para establecer una protección gaseosa para el material fundido; la desoxidación, en el cual el revestimiento realiza un acto de secreción removiendo y restringiendo el paso de oxígeno y gases del ambiente que lo rodea; luego viene los aleantes que son compuestos adicionales que se añaden al recubrimiento; la ionización, el incremento de la estabilidad del arco se debe a que el recubrimiento mejora las características eléctricas; por último la aislación, en esta acción se forma una capa llamada escoria la cual protege al cordón de soldadura evitando el enfriamiento brusco. Hurtado (2012) también indica que las especificaciones de la AWS A5.1 y A5.5 detallan cada uno de los requisitos de los electrodos de acero dulce y de baja aleación correspondiente. Señalando las diferentes características y clasificaciones de cada electrodo.

En su curso, HURTADO (2012), refiere que las ventajas y limitaciones del proceso SMAW, en la cual señala como ventajas que suele ser usado en la mayoría de los materiales además que el equipo es considerado, versátil, portátil y relativamente económico en cuanto a sus limitaciones nos dice que genera tiempos muertos debido al reemplazo del electrodo consumido por otro, asimismo la escoria debe ser removida y cuando el electrodo es de bajo hidrogeno se deben almacenar en un horno adecuado a sus necesidades para evitar la contaminación por la humedad del ambiente.

En su Manual con Electroodos Revestidos, LINCOLN (2009), manifiesta ventajas y limitaciones del proceso con varilla revestida; teniendo como ventajas el bajo costo de los equipos, de tipo simple y fácil de trasladar; asimismo el electrodo revestido está conformado por un metal con recubrimiento que a la hora de hacer arco con el metal base se forma una capa de gas que protege la soldadura, no siendo necesario una cobertura adicional a través de gases auxiliares o fundentes granulares, por otra parte se presenta una baja sensibilidad a los ambientes donde el aire sople fuerte con respecto a los procesos auto protegidos. Sin embargo su protección contra el viento, lluvia y nieve permite utilizarse en cualquier ubicación, ya sea en espacios abiertos o confinados, no necesita equipos adicionales, pudiéndose emplear en sitios parcialmente retirados de los paneles de energía, se utiliza en diferentes espesores, por lo habitual arriba de los 2 milímetros, también se ejecuta a casi la totalidad de los metales y aleaciones que se usan habitualmente. Las restricciones que se pueden indicar son que el proceso es pausado ocasionado por el bajo relleno de soldadura y la limpieza necesaria de la escoria en cada pase siendo retirada para determinadas aplicaciones. Requiere de gran habilidad por parte del operario y además no es aplicable con respecto a metales que tienen puntos de fusión bajos siendo estos el Pb, St, Zn y aliantes de los mismos ocasionado por las altas temperaturas que emite el arco; los metales con altos índices de riesgo a la oxidación ya sea el Ta, Ti, Nb y Zr tampoco aplican para este proceso ya que los contaminantes originados durante la soldadura no son contrarrestados por la baja protección que brinda, no es recomendable para espesores menores a 1,5 milímetros, además por su deposición de soldadura es menor a los procesos con alimentación continua con electrodo tubular siendo menos productivo en trabajos donde se utilicen espesores mayores a 38 milímetros siendo el más recomendable el proceso FCAW Y SAW.

Así mismo en su manual de soldadura, LINCOLN (2009), nos dice que el proceso SMAW es utilizado en operaciones de mantenimiento, reparación, producciones cortas así como construcción de

estructuras en campo en especial para espesores entre 3 y 38 mm, de igual forma aplica para aceros al carbono, de baja y/o alta aleación como son materiales inoxidables, metales no ferrosos siendo estos Ni, Al, Cu y sus combinaciones. Las áreas de mayor aplicación son la fabricación de estructuras metálicas, construcciones y reparaciones navales, esferas y tanques para almacenar hidrocarburos asimismo calderas, recipientes a presión como manifold, scrubber, colectores de gas, plantas y refinerías, líneas de tuberías de diferentes diámetros que transportan crudo y gas. También puede ser usado con otros procesos de soldadura como el TIG, que es utilizado en tuberías. El primer pase se aplica con TIG para luego rellenar la costura con el electrodo revestido.

Para realizar estos tipos de trabajos los equipos a utilizar, según el Manual de Soldadura, LINCOLN (2009), son la fuente de energía, de quien, debe tenerse en cuenta que al momento de soldar se presente una condición descendente es decir corriente continua, que permite a la corriente verse mínimamente alterada por los cambios en la medida del arco. La fuente de energía a seleccionar tiene que estar relacionada con el tipo de electrodo a utilizar, de manera que realice el suministro de la corriente ya sea continua o alterna, amperaje y tensión de circuito abierto. Con respecto a la pinza porta electrodo, su tarea es dirigir la corriente hacia este y sujetarlo; a su vez las tenazas tienen que ser conservadas en buen estado evitando un recalentamiento que provocaría defectos en la calidad dificultando la labor del soldador en el soldeo; asimismo el porta electrodo a seleccionar debe ser de acuerdo al diámetro del electrodo que va a ser usado, a su vez es de mucha importancia que el cable de masa esté conectado correctamente, sobre todo para el soldeo con corriente continua, puesto que de ocurrir lo contrario provocaría un campo magnético provocando que el arco se descontrole; también la aplicación al momento de colocar el cable debe ser el adecuado porque caso contrario no realizara un contacto constante recalentando el cable con lo cual produciría interrupciones en el circuito desvaneciendo la potencia del arco. Para estos casos se recomienda utilizar una zapata de contacto de Cu enlazado a la pieza en forma de C; en caso de ser nocivo el cobre del material base con el accesorio se le cubre con una chapa que tenga las mismas características con el material. Esta chapa debe estar conectada a la pieza; en caso las piezas sean giratorias se realizara contacto mediante zapatas que se trasladen por encima de la pieza, se recomienda tener dos a disposición evitando así la desaparición del arco por si se llegara a desprender cualquiera de ellas o por rodamientos sobre el eje donde la pieza esta puesta.

La capacitación de los soldadores es una parte importante para el desarrollo de trabajos de soldadura de tipo SMAW y FCAW, en su trabajo, Rodríguez (2009), nos explica como una acción sistematizada, planificada y constante siendo la preparación su propósito principal donde desarrolla e integra su material humano al proceso productivo con información, predisposición a mejorar y desarrollar nuevas habilidades que mejoren su desempeño laboral o formarlos para futuros puestos a tomar quedando preparados para las exigencias del mundo cambiante.

Se debe diferenciar entre formación y capacitación, puesto que el primero se realiza para puestos futuros y el otro para puestos actuales; estos a menudo se confunden, a pesar de ser ambas actividades educativas la diferencia se basa con relación de los niveles que se pretenden alcanzar y la magnitud de los procesos.

La capacitación presenta una serie de beneficios, resumiendo a, Rodríguez (2009), se tienen beneficios para la empresa, beneficios para el personal y beneficios respecto a relaciones humanas.

En lo que respecta beneficios para la empresa: Mejora todos los niveles y la relación jefes – subordinados con relación al puesto de trabajo; fortalece la moral dentro del trabajo; el personal se compromete con la realización de la metas propuestas por la empresa permitiendo la comprensión y adopción de políticas; aumenta la productividad y otorga un producto de calidad de los trabajos; ayuda a minimizar los costos eliminando la necesidad de recurrir a consultores externos; forma líderes dentro de la empresa con vistas a la promoción y por último agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.

Entre los beneficios del personal: el trabajador asume los problemas solucionándolos con decisiones concretas y seguras desterrando temores a la incompetencia o ignorancia individual; incrementa la seguridad personal adoptando posiciones asertivas, desarrollo y logro de metas personales; incrementa los niveles de satisfacción con respecto a los puestos de trabajo, fortalece líderes y mejora la comunicación.

En lo que respecta a las relaciones humanas tanto externas como internas y la adopción de las políticas: se tiene una comunicación fluida entre las personas, orienta a conocer nuevos colaboradores, se maneja información oficial con respecto a disposiciones tomadas en la empresa,

dentro de la organización sus políticas se hacen viables, otorga ambientes agradables para la instrucción, se mejora la calidad de trabajo gracias a la transformación del entorno laboral.

De acuerdo con, Rodríguez (2009), los pasos a tomar para realizar una capacitación primero deben determinar sus necesidades para que la organización no ofrezca una preparación inadecuada que generen gastos innecesarios; asimismo tienen que estar alineada a los intereses del negocio para su justificación. El análisis debe enfocarse en tres aspectos: el análisis organizacional basado en la determinación del área, sección o departamento donde se realizara el entrenamiento , además de tener un conocimiento claro de las estrategias y metas propuestas en la empresa complementadas con los resultados que se plantea el área del talento humano; con respecto al análisis de tareas basado en estudiar los rendimientos de las labores efectuadas de los trabajadores que participaran de la capacitación y por último el análisis de la persona está basado en la calificación de cada persona que por medio de una encuesta se comprueba si el trabajador se desempeñó de acuerdo con las normas establecidas por la empresa.

Los medios utilizados para determinar las necesidades de capacitación son: La evaluación del desempeño que permite no sólo conocer al personal que desarrolla actividades por debajo del nivel satisfactorio sino que sectores requieren una atención inmediata; la observación esta se efectúa en el área donde se está trabajando permitiendo detectar trabajos ineficientes como daños en los equipos, demoras en los plazos establecidos por el cronograma de actividades, mala disposición de los insumos, excesos de indisciplina del personal y alto índice de ausentismo; cuestionarios basado en investigaciones que proporcionan ideas de lo que se requiere para el entrenamiento; solicitud y entrevistas solicitan instrucción de su personal los supervisores y gerente cuando el nivel de entrenamiento es complejo; reuniones interdepartamentales se discuten los diferentes problemas en las operaciones, objetivos, planes y otros trámites; evaluación de empleados se evalúan los conocimientos de las tareas que realizan los trabajadores; modificación de trabajo cuando se cambie la rutina de trabajo se dará a conocer el nuevo proceso previo entrenamiento del mismo; entrevista de salida para conocer opiniones acerca de la empresa y motivos de la salida, pudiendo salir a relucir diferencias en la organización, susceptibles de corrección; por último el análisis de cargos que permiten preparar programas adecuados de capacitación.

De acuerdo con, RODRIGUEZ (2009), se refiere al programa de capacitación, debe estar enfocada a una determinada necesidad definiendo objetivos claros, dividido en un plan seleccionado los métodos de acuerdo a la tecnología con que se cuenta, se emplean recursos necesarios para la capacitación, el tipo de instructor, medios audiovisuales, accesorios, maquinaria, materiales y manuales.

Así mismo se define a la cantidad de personas consideradas para ser capacitadas, de acuerdo a sus habilidades, conocimientos, predisposición para con el entrenamiento y su comportamiento personal; se determina el lugar teniendo como opción las mismas instalaciones o fuera de la empresa, se revisa el horario adecuado para su realización.

Para ejecutar la capacitación se emplean dos técnicas, según, RODRIGUEZ (2009), refiere que las técnicas de capacitación están divididas en: técnicas aplicadas en el sitio de trabajo y técnicas aplicadas fuera del sitio de trabajo. Respecto a la primera es la más recomendable para el desarrollo de la tesis; La técnica dentro del sitio de trabajo se desarrolla en el mismo puesto, es decir el trabajador aprende nuevas tareas mediante su desempeño real, este método otorga ventajas siendo económico, pues no necesita traslado a otras áreas que pueden ser costosas como salones o equipos de aprendizaje programados, además este método hace que sea fácil el entendimiento de la instrucción ya que lo ejecutan haciendo su tarea real evaluándose ellos mismos sobre su desempeño correcto respectivamente. Con respecto a las técnicas que se aplican fuera del sitio de trabajo encontramos una variedad de métodos ya sea películas, conferencias, videos, audiovisuales y otros similares, para esto la participación del trabajador es pasiva, en este caso no recomendable para el desarrollo de la tesis.

Para la ejecución del programa de capacitación implica al instructor con el capacitado. Los aprendices son las personas distribuidas en diferentes niveles jerárquicos de la empresa que a su vez tienen la necesidad de aprender nuevos métodos, así mismo Los instructores distribuidos en niveles jerárquicos, son personas entrenadas y capacitadas en ciertos temas que le sirven para instruir a los aprendices en determinada actividad o trabajo.

Los programas de capacitación para que se ejecuten, dependen de los siguientes factores: adecuarse y prepararse a las medidas requeridas por la empresa, el material de entrenamiento

debe ser claro y puntual para facilitar su uso, el entrenamiento debe abarcar a todo el personal involucrado ya sean dirigentes y jefes, los instructores deben ser personas calificadas y dispuestos a transmitir con facilidad los temas de la especialidad en capacitación, se debe seleccionar de forma adecuada a los aprendices ya que este detalle influye en los resultados de la capacitación.

El control de calidad es una parte importante en todo proceso de soldadura de la cual dependen los resultados de todo trabajo que tiene como finalidad entregar un producto con calidad.

Resumiendo lo manifestado por, Hurtado (2012), en su curso de preparación CWI - PUCP con respecto a la calidad de soldadura, se puede indicar que la inspección visual es la parte básica en la evaluación de estructuras o componentes. Los códigos y normas lo señalan como nivel mínimo de supervisión para indicar la aprobación o rechazo de los defectos encontrados en la soldadura. A pesar de existir otros métodos de ensayos debidamente especificados la inspección visual refuerza o suplementa lo anterior. Cabe destacar que es importante que dicha inspección sea realizada por un inspector entrenado y calificado, ya sea antes, durante y después de la soldadura.

La limitación principal de este método es que solo revela las discontinuidades que aparecen en las superficies, para ello el inspector debe observar varias de las capas que deposita el soldador en la junta soldada, a pesar de parecer simple de no detectarse el defecto hasta la terminación de la soldadura este puede convertirse en un gran problema ya que el soldador debe reparar toda la junta soldada hasta encontrar el defecto generando costos adicionales, pérdida de material y sobre retraso en los trabajos.

Los ensayo no destructivos para Hurtado (2012) permiten la evaluación del metal o componente sin destruir, este método alcanza un resultado colateral aun así sus resultados son válidos, no provocando alteraciones a la pieza inspeccionada pudiendo colocarse para su operatividad si fuese aceptable. Pertenecen a los no destructivos los tintes penetrantes, ultrasonido, partículas magnéticas y placas radiográficas.

Para este desarrollo de tesis se necesitó el ensayo radiográfico, de acuerdo con, HURTADO (2012) refiere a que los rayos gama atraviesan las paredes del material de ensayo captando la figura de la soldadura depositada en la junta en una película que recibe dicha radiación, esto explica el principio de transmisión o absorción de radiación preferencial. Cuando se tiene un material con

espesores reducidos estos transfieren más recibiendo menos radiación, los defectos que se encuentran el interior de la soldadura son vistos con facilidad porque tienen una densidad diferente al material que se le ha aplicado radiación, estos defectos se le conocen como falta de fusión, incrustaciones de escoria, fisuras, porosidades, socavaciones en la raíz, inclusiones metálicas, entre otros. Para distinguir estos defectos se requiere de una preparación como inspector de soldadura, para las porosidades se forman huecos negros en la película debido a la pérdida de densidad del material, en las inclusiones de metálicas se manifiestan como sectores claros en la película siempre y cuando tengan mayor densidad que las paredes del material en ensayo, las incrustaciones de escoria se observan con frecuencia sectores oscuros en la película, existen electrodos con revestimiento en su interior capaces de producir escoria con un parecido en la densidad de la soldadura depositada esto complica la interpretación haciéndose difícil detectar el defecto, las fisuras para ser detectadas tienen que estar alineadas de tal manera que la profundidad del defecto este paralelo al haz de radiación, para los defectos encontrados en la superficie se recomienda usar la inspección visual ya que es más barato, se pueden nombrar también como superficiales, la socavación, sobre monta, falta de fusión y exceso de raíz en la penetración. Este ensayo es utilizado para inspeccionar todos los materiales de ingeniería debido a su versatilidad.

El código de soldadura que se utilizó en los pilotes es el AWS D1.1 2010, en la cual es un código que contiene todos los requerimientos para la construcción y el montaje de las estructuras de acero soldadas.

La productividad, Según, ALFARO (2009), debe ser entendido como el resultado de la relación existente entre el valor de la producción obtenida, medida en unidades físicas o de tiempo asignado a esa producción y la influencia que hayan tenido los costes de los factores empleados en su consecución, medida también esa influencia en las mismas unidades contempladas en el valor de la producción.

Finalmente, se describe la realidad problemática de la empresa, IMI del Perú la cual es una empresa naviera dedicada al transporte de personal, hidrocarburos además del mantenimiento y construcción de instalaciones industriales, plataformas petroleras cumpliendo estándares de

calidad, actualmente brinda servicios a la empresa savia Perú. Cuenta con dos áreas ubicadas en playa tortuga y parcela 25.

La empresa dentro de sus servicios cuenta con proyectos de construcción de plataformas en donde se fabrican pilotes, mesas y otros. En la cual los pilotes serán clavados en las cuatro patas de la plataforma siendo diseñados al tipo de trabajo que serán sometidos para luego ser fabricados y soldados.

Para la fabricación de pilotes se necesitan tuberías de diferentes espesores de acuerdo al material solicitado por el cliente en la cual el soldeo de pilotes se hace mediante el proceso SMAW, por las experiencias obtenidas en el taller en donde el soldador pierde continuidad cambiando electrodos para seguir soldando, a la vez el depósito de soldadura es menor, con lo cual todos estos pasos hacen que se demore el proceso de soldadura retardando los tiempos de entrega ocasionando un déficit en la producción de la empresa tiempo que puede ser aprovechado para otros trabajos y así aumentar su productividad. También se sabe de los sobretiempos, horas extras que se darían más de lo programado para terminar el trabajo lo cual afectaría en pérdidas para la empresa.

Los trabajadores de seguir utilizando el proceso de soldeo SMAW perderán continuidad cambiando electrodos, perdiendo tiempo en el soldeo de la junta, a su vez su depósito de soldadura es menor con lo cual el relleno de la junta se hará en más tiempo generando demora en la fabricación de pilotes donde la empresa perdería prestigio en el cumplimiento de entrega de proyectos y ya no sería tomada en cuenta en futuras licitaciones.

Mediante la implementación del proceso de soldadura FCAW se pretende mejorar el tiempo de soldeo y con esto aumentar la productividad en la fabricación de pilotes.

1.1. Formulación del Problema

1.1.1. Pregunta General

¿En cuánto mejoró la productividad, mediante la implementación del proceso de soldadura (FCAW) en la fabricación de pilotes de la Empresa IMI del Perú SAC?

1.1.2. Preguntas Específicas

¿En cuánto se redujeron los tiempos de parada mediante el desarrollo de capacidades de los trabajadores sobre el proceso de soldadura (FACW) en la fabricación de pilotes de la empresa IMI del PERU SAC?

¿En cuánto se redujeron los volúmenes de soldadura mediante la alimentación continua con electrodo tubular del proceso de soldadura (FACW) en la fabricación de pilotes de la empresa IMI del PERU SAC?

¿En cuánto disminuyeron los costos de operación mediante el uso del Proceso de Soldadura (FACW) en la fabricación de pilotes de la empresa IMI Del PERU SAC?

1.2. Hipótesis.

1.2.1. Hipótesis General

Mediante la implementación del proceso de soldadura (FACW) en la fabricación de pilotes se mejora la productividad de la empresa IMI DEL PERU SAC.

1.2.2 Hipótesis Específicas

Con el desarrollo de capacidades de los trabajadores sobre el proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes se redujo los tiempos de parada para la empresa IMI del Perú SAC.

Con la alimentación continua con electrodo tubular del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes se redujo los volúmenes de soldadura para la empresa IMI del Perú SAC.

Con el uso del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes disminuyeron los costos de operación para la empresa IMI del Perú SAC.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

Mejorar la productividad, mediante la implementación del proceso de soldadura (FACW) en la fabricación de pilotes de la empresa IMI DEL PERU SAC.

1.3.2 Objetivos Específicos

Reducir los tiempos de parada mediante el desarrollo de capacidades de los trabajadores sobre el proceso de soldadura FCAW de la empresa IMI del Perú SAC.

Reducir los volúmenes de soldadura mediante la alimentación continua con electrodo tubular del proceso de soldadura FCAW de la empresa IMI del Perú SAC.

Disminuir los costos de operación mediante el uso del proceso soldadura FCAW de la empresa IMI del Perú SAC.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables

Las variables de la investigación son como variable independiente: implementación del proceso de soldadura FCAW y como variable dependiente: la productividad medida a través de los indicadores: tiempos de parada, volúmenes de soldadura y costos operativos.

2.2. Operacionalización de variables

La Operacionalización se muestra en la tabla 1. En ella se detallan las definiciones conceptual y operacional de la variable, además se muestran los indicadores así como su escala de medición.

Tabla 01: Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Proceso de soldadura FCAW (Variable Independiente)	“Es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado” (Groover, 2007) del “(...) proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión”(Hurtado, 2012) donde “se usa un electrodo consumible de alimentación continua y que contiene un núcleo fundente.”(Heriberto,2009)	Se realizó una capacitación al personal del proceso de soldadura FCAW y se le sometieron a pruebas de inspección visual y no destructiva (radiografías RT) al número total de trabajadores.	Nivel de capacitación	Razón
		Se adquirieron equipos adecuados para el proceso de soldadura FCAW	Estado de los equipos	
Productividad (Dependiente)	“Es el resultado de la relación existente entre el valor de la producción obtenida, medida en unidades físicas o de tiempo asignado a esa producción y la influencia que hayan tenido los costes de los factores empleados en su consecución, medida también esa influencia en las mismas unidades contempladas en el valor de la producción.” (Alfaro, 2007).	Se registraron los tiempos de parada con los procesos SMAW y FCAW expresados en minutos/día/pilote.	Tiempos de parada por pilote	Razón
		Se registraron los volúmenes soldadura con los procesos SMAW y FCAW expresados en Kg/día/pilote.	Volumen de soldadura por pilote	
		Se registraron los costos operativos con los procesos SMAW y FCAW expresados en soles/semana/pilote.	Costo operativo por pilote	

2.3. Metodología

Se empleó los métodos de análisis y observación. En base a la evidencia de los registros y a través del análisis documental, se pudo obtener los registros de las variables antes y después de la implementación del proceso de soldadura FCAW así como la información técnica utilizada para tal fin.

En su primera etapa de este proyecto se realizaron registros de una semana del proceso de soldadura SMAW, en el cual se registraron tiempos de paradas, cantidad de volumen de soldadura, costos operativos.

En su segunda etapa se adquirieron equipos para el proceso de soldadura FCAW y se realizó una capacitación de una semana donde se instruyó y evaluó a los trabajadores, cada trabajador fue entrenado y se le sometió a una prueba de calificación de soldador, en la que cada prueba consistió en soldar una probeta, la cual paso por dos inspecciones: visual y radiográfica. De acuerdo a los resultados que se obtuvieron de las inspecciones se tomaron para el soldeo de pilotes los soldadores que aprobaron las dos inspecciones.

En su tercera etapa se realizaron registros de una semana con el proceso de soldadura FCAW en donde se registraron: tiempos de parada, volumen de soldadura y costos operativos.

En su cuarta etapa se realizaron análisis estadísticos de mejora de la productividad comparando ambos procesos (SMAW y FCAW) y se realizó las pruebas de las hipótesis mencionadas.

2.4. Tipos de estudio

La siguiente investigación es aplicada y pre experimental pues existe una causa “implementar un proceso de soldadura FCAW” y un efecto “mejorar la productividad en el soldeo pilotes”, manipulando las variables y controlando sus valores, para de esta forma intervenir en el tratamiento de diferentes aspectos para lograr sus objetivos.

2.5. Diseño

Según Hernández (2010), el tipo de diseño utilizado en la investigación corresponde a un pre experimental, ya que, a un grupo se le aplica una prueba previa al tratamiento experimental; después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al tratamiento

El diseño se representa de la manera siguiente:

Variable Dependiente (VD): Mejora de la productividad.

Variable Independiente (VI): implementación del proceso de soldadura FCAW.

Unidad de Análisis (UA): pilotes.

G: $O_1 \times O_2$

G: Pilotes.

O1: Tiempos de parada, volúmenes de soldadura, costos de operación antes de la implementación.

X: Implementación del Proceso de soldadura FCAW.

O2: Tiempos de parada, volúmenes de soldadura, costos de operación después de la implementación.

2.6. Población, muestra y muestreo

La población es finita y está compuesta por las mediciones de los tiempos de parada, de los volúmenes de soldadura depositados en el pilote y los costos de operación.

La muestra está conformada por las mediciones de los tiempos de parada, de los volúmenes de soldadura depositados en el pilote y los costos de operación observados y analizados en los formatos.

La unidad de análisis la constituyen los pilotes donde se realizan las mediciones de los indicadores.

El muestreo fue por conveniencia del investigador y tuvo como criterio el considerar los meses previos y posteriores a la implementación del proceso FCAW.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación y análisis. Para registrar los tiempos de parada, los volúmenes de soldadura y los costos operativos. Los instrumentos que se utilizaron fueron registro de capacitación y asistencia, procedimiento de calificación de soldadores y formatos de tiempos de parada, volúmenes de soldadura, costos operativos y equipos.

Tabla N° 02: Técnica e Instrumentos de los Indicadores

Indicador	Técnica	Instrumento
Nivel de capacitación	Observación	Ficha de registro de asistencia y capacitación; ficha de ensayo radiográfico (Anexo 1 y 2).
Tiempos de parada por pilote	Observación	Ficha de tiempo de parada. (Anexo 3, 11, 12, 13, 14, 15,16).
Volumen de soldadura por pilote	Observación	Ficha de volúmenes de soldadura (Anexo 4, 17).
Costo operativo por pilote	Análisis documentario	Ficha de costos operativos. (Anexo 5).
Estado de los equipos	Observación	Ficha de estado de equipo (Anexo 6).

Fuente: Elaboración Propia

2.8. Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó Excel y técnicas estadísticas para la medición de los objetivos a alcanzar los cuales serán de análisis cuantitativo, donde se aplicará la distribución de frecuencias y medidas de dispersión. Para la prueba de hipótesis se realizaron tablas de contrastación del antes y después del proceso FCAW; así como un análisis comparativo entre SMAW VS FCAW.

2.9. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó siguiendo las normas éticas establecidas como el respeto a los derechos del autor, consentimiento y respeto por la libertad del individuo, responsabilidad en la recolección de datos, responsabilidad en el proceso de análisis y conclusiones en la investigación además de actuar con ética profesional en cada etapa de la investigación.

III. RESULTADOS

A continuación se analiza y diagnostica la situación en que se encontraba la fabricación de pilotes con el propósito de determinar las pérdidas a fin que permita mejorar la productividad mediante la implementación del proceso de soldadura FCAW.

- Se calculó los tiempos de parada mediante el uso de un cronómetro.
- Se determinó los volúmenes soldadura con el uso de una pesadora.
- Se calculó los costos operativos utilizando calculadora.

3.1. Tiempos de parada, volúmenes de soldadura y costos de operación antes de la implementación.

Tiempos de parada por pilote

Al considerar que el soldador puede tener paradas por defectos en la soldadura, necesidad de rehidratarse, fatiga y muy diversas situaciones que generan que parar evaluar los tiempos de soldeo sea necesario usar un factor de utilización a fin de poner de manifiesto la distorsión en el tiempo y realizar un análisis experimental más adecuado. Este factor de utilización se estimó en 95% de acuerdo a las referencias bibliográficas (R. Cáceres, 2008).

Cabe resaltar que el tiempo de soldeo especificados en las diversas que se muestran a continuación dicho factor ya está incluido.

Por otro lado, cabe resaltar que el proceso de soldadura involucra una serie de tiempos: tiempos de raíz, caliente, relleno y acabado que fueron tomados convenientemente con un cronómetro al momento de soldar un pilote, siendo dichos datos recopilados en fichas convenientemente elaboradas, las mismas que se muestran en los anexos 11, 12, 13, 14.

Los datos recolectados incluyeron: los pases de tiempo /seg y el respectivo cambio de varilla, así mismo se consideró el tiempo de inicio y el tiempo de término de cada una de las actividades del proceso en mención. Los referidos tiempos fueron registrados obteniéndose resultados generales expresados en minutos.

En la tabla 03 se detallan los minutos de soldeo, paradas y número de paradas de las juntas soldadas con el proceso de soldadura SMAW.

Tabla 03 tiempos de parada de soldadura SMAW.

Pase	Tiempo de soldeo en minutos/día/pilote	Tiempo de parada en minutos/día/pilote	Número de paradas por pilote
Raíz	22.02	23.98	97
Caliente	2.96	0.76	
Relleno 6011	7.23	1.77	
Relleno 7018 1/8	26.5	8.5	
1 Relleno 7018 5/32	25.6	11.4	
2 Relleno 7018 5/32	20	5	
Acabado 7018 5/32	21.45	7.55	
	125.76	58.96	

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que en una junta de 20"Ø X 1.125" a 1.125" el tiempo de soldeo es de 184.72min, de lo cual 125.76 min es el tiempo tomado en la que se inicia el arco de soldadura, los 58.96 min es el tiempo tomado cuando se cambia de electrodo y el número de paradas es de 97.

Volumen de soldadura por pilote

Al considerar que el electrodo puede sufrir desprendimiento de su recubrimiento, ya sea por golpes, mal almacenaje, mala manipulación del soldador y muy diversas situaciones que generan que para evaluar los volúmenes de soldadura sea necesario usar un factor de utilización a fin de poner de manifiesto la distorsión en la cantidad de volumen y realizar un análisis experimental más adecuado. Este factor de utilización se estimó en 6% de acuerdo a las referencias bibliográficas (R. Cáceres, 2008).

Cabe resaltar que los volúmenes de soldadura especificados en las diversas que se muestran a continuación dicho factor ya está incluido.

Por otro lado, cabe resaltar que el proceso de soldadura involucra una serie de electrodos de soldadura: E-6010 de 1/8, E-6011 5/32, E-7018 1/8, E-7018 de 5/32 que fueron contados convenientemente al momento de soldar un pilote, siendo dichos datos recopilados en fichas apropiadamente elaboradas, las mismas que se muestran en los anexo 17.

Los datos recolectados incluyeron: Electrodo utilizado, cantidad de varillas y cantidad en kg, así mismo los referidos volúmenes fueron registrados obteniéndose resultados generales expresados en kg.

En la siguiente tabla 04 se detallan los volúmenes de soldadura registrados de la junta soldada con el proceso SMAW.

Tabla 04 volúmenes de soldadura (SMAW)

SOLDADURA						
ITEM	DESCRIPCION	E-60 11 5/32 kg	E-70 18 1/8 kg	E-60 10 1/8 kg	E-70 18 5/32 kg	TOTAL
1	TUBO DE 20"Ø X 1.125"a 1.125"	1.00	1.75	1.00	6.75	10.5kg
unid	VARILLAS DE SOLDAR	24	44	30	122	220

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que en la junta de 20"Ø X 1.125"a 1.125" se utilizaron 10.5 kg de soldadura siendo la más utilizada el electrodo 7018 5/32, la cual es utilizada para rellenar o depositar más soldadura.

Costos de operación por pilote

Para los costos de operación con el proceso de soldadura SMAW se tomaron como referencias la mano de obra, materiales y equipos.

Mano de obra

En la tabla 05 se muestra el costo de la mano de obra.

Tabla 05 Mano de obra (SMAW)

MANO DE OBRA					
Operador	Costo/hora (S/.)	Remun. Básica (S/.) /240hrs	Hrs. extras 50% /12hrs	D.T/80hrs	Asig. Familiar 30D
soldador 1	6.8	1632	122.4	544	70
soldador 2	6.9	1656	124.2	552	70
soldador 3	7.2	1728	129.2	576	70
soldador 4	7.2	1728	129.2	576	70
Esmerilador	5.8	1392	104.4	464	70
Esmerilador	5.8	1392	104.4	464	70

Fuente: Elaboración Propia

El tabla 05 se aprecia con rojo el sobretiempo que se realizó en la fabricación de pilotes, trabajando 80hrs de D.T (descansos trabajados), lo cual se tuvo que trabajar dichas horas para cumplir con el plazo de entrega.

Materiales

En la siguiente tabla 06 se muestra la cantidad y costo de los electrodos.

Tabla 06 cantidad y costos de electrodos.

MATERIAL PARA SMAW			
Electrodo	Costo 1Kg (S/.)	cantidad comprada Kg	Costo total (S/.)
6011	16	70	1120
6010	15	70	1050
7018	16	123	1968
7018	18	490	8820
Total		753	12958
Costo/pilote		10.80	185.10

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que para el soldeo de los pilotes con el proceso de soldadura SMAW se necesita 753kg de soldadura de los cuales el electrodo más consumido es el 7018 5/32 con 490kg, el costo total de los electrodos es de S/. 12958.

Sin embargo, considerando que el indicador es Costo operativo por pilote, y que se trabajó con un total de 70 pilotes; el respectivo costo/pilote fue de S/. 10.80 y S/. 185.10

3.2. Implementación del Proceso de Soldadura FCAW

Para la implementación del proceso de soldadura FCAW se adquirió equipos, se capacito a los trabajadores sobre el proceso, por lo consiguiente se le sometieron a pruebas de soldeo donde dichas pruebas fueron sometidas a inspecciones visuales y radiográficas.

Equipos

Los equipos que se adquirieron son de una tecnología más avanzada dando paso a la automatización, donde el proceso de soldeo es semiautomático por la alimentación continua del alambre impulsado por unos rodillos, con lo cual el proceso de soldadura FCAW está conformado por : máquina de soldar, maleta o alimentador, alambre y protección gaseosa.

Máquina de soldar

Se utilizó una máquina digital invertora de la marca Lincoln este tipo de maquina es multifuncional porque te permite utilizar varios tipos de procesos estos son: FCAW, SMAW, GTAW y GMAW, además de trabajar en 220v y 440v. Su costo es de \$3500.



Figura 01 Máquina de soldar

Fuente: IMI del Perú SAC.

Alimentador

Se utilizó el alimentador LN 25 de la marca Lincoln la función de esta maleta es empujar mecánicamente el alambre por medio de rodillos impulsadores y es en la pistola donde se encuentra el gatillo que acciona a los rodillos para romper el arco eléctrico el fabricante usualmente recomienda determinados valores de velocidad de alimentación y de voltaje de acuerdo al tipo de electrodo tubular que se vaya a usar. El costo del alimentador es de \$ 2500.



Figura 02 Alimentador

Fuente: IMI del Perú SAC

El alimentador viene con la pistola y manguera por donde pasa el gas protector (80% Argón + 20% CO2) y el electrodo junto a la corriente de la máquina al arco.



Figura 03 Pistola

Fuente: IMI del Perú SAC

Alambre Tubular

El alambre que se utilizó para el proceso es el E 71T- 1M 1.6 de diámetro. Estos mismos vienen enrollados en carretes cubiertos con un material especial protegiéndolos del ambiente húmedo. Su costo es de S/.160, cada rollo de alambre trae 15kg de soldadura. El electrodo tubular E 71T-1M pertenece a los rutílicos permitiendo al soldador aplicar la soldadura en cualquier posición, como gas protector utiliza CO2 o mezcla de gases 80% Ar + 20% CO2 siendo este último el más recomendable para este tipo de trabajo, ya que el cordón de soldadura presenta un buen acabado y fácil remoción de escoria en cada pase de soldadura necesitando solo escobillar.



Figura 04 Alambre Tubular

Fuente: IMI del Perú SAC.

Gas Protector

El gas que se utilizó en el proceso de soldeo es el Argón+Co2 (80% +20%). Este gas sirve para proteger y dar calidad a la soldadura depositada en la junta.



Figura 05 Gas Protector

Fuente: IMI del Perú SAC

Capacitación

La capacitación es parte fundamental en este proceso porque permite preparar al personal desarrollando sus habilidades y unificando el talento humano a la productividad de la empresa, mediante prácticas y acciones personales que son primordiales para el óptimo desempeño de todos los colaboradores en cada uno de los puestos de trabajo adaptándolos al exigente mercado.

Cabe precisar que con el entrenamiento se buscó homologar al soldador para que éste se desenvuelva sin ningún problema en el soldeo de los pilotes y demás tareas asignadas obteniendo los resultados de calidad que exige el cliente dentro de sus servicios, además de prevenir y solucionar con anterioridad algún problema potencial dentro de la empresa.

La capacitación se desarrolló en el taller de soldadura de IMI del Perú localizado en parcela 25, la cual fue dirigida por el inspector de soldadura nivel II encargado del control de calidad de la empresa mencionada.

La primera parte de la capacitación consistió en una introducción del proceso de soldadura FCAW concepto, partes de los equipos, manipulación y funcionamiento de los equipos.

Se registró al personal capacitado en el formato de registro de asistencia y capacitación de la empresa para demostrar y llevar un control de la capacitación.

Calificación de soldadores

Para la prueba de soldadura se armó una probeta de tubo de 20"Ø X 1.125" a 1.125" para cada soldador en la cual demostraron sus habilidades, dicha prueba era evaluada por el inspector encargado de inspeccionar que se ejecuten todos los parámetros. Esta prueba se hizo bajo la norma AWS D1.1.



Figura 06 Soldeo de Probeta con FCAW

Fuente: IMI del PERU SAC

Procedimiento de soldadura

1. La probeta fue soldada con el siguiente procedimiento:
2. El pase raíz se ejecutó de forma ascendente, utilizando E – 6010 de 1/8
3. El pase caliente y primer relleno se ejecutó de forma descendente, utilizando E – 6011 de 5/32.
4. El pase de relleno y acabado se ejecutó de forma ascendente, utilizando E – 71T1M de 1.6

Tabla 07 Parámetros de soldadura

Proceso	Posición	Descripción	Electrodo	Amperaje	Voltaje	Protección Gaseosa	Velocidad alambre
SMAW	5G	RAÍZ	6010	70 – 80	-	-	-
SMAW	5G	CALIENTE	6011	150 – 160	-	-	-
SMAW	5G	RELLENO	6011	150 – 160	-	-	-
FCAW	5G	RELLENO	70T1M1	-	24.6 – 26.5	Argon+Co2 (40)	200
FCAW	5G	RELLENO	70T1M1	-	24.6 – 28.6	Argon+Co2 (40)	200
FCAW	5G	RELLENO	70T1M1	-	25 – 30	Argon+Co2 (40)	200
FCAW	5G	ACABADO	70T1M1	-	24 – 30	Argon+Co2 (40)	200

Fuente: Elaboración Propia

Control de calidad

Para este proceso se realizó dos inspecciones: visual y radiográfica.

Inspección Visual

Esta inspección estuvo dirigida por el inspector CWI Julio César Yacila Urbina con código 16092971 observando cada detalle de las juntas soldadas respetando los parámetros de aceptación que establece el AWS D1.1. En esta parte se observan los defectos superficiales y parámetros.

Ensayo Radiográfico

Método de ensayo no destructivo, que se utilizó para observar y determinar mediante un especialista en RT los defectos de las diferentes placas tomadas a las uniones soldadas, este procedimiento está basado en el principio de transmisión o absorción de radiación preferencial, HURTADO (2012), es decir la radiación que pasa a través de la tubería soldada, formara el cordón

de soldadura en la película que recibe los rayos gama. Este ensayo lo realizó personal calificado para tomar placas radiográficas representados por la empresa qualite testing, quienes determinaron la aceptación final de los ensayos aplicados a las juntas dando su homologación a los soldadores que aprobaron la prueba.

3.3. Tiempos de parada, volúmenes de soldadura y costos operativos después de la implementación

Tiempos de parada

Al considerar que el soldador puede tener paradas por defectos en la soldadura, necesidad de rehidratarse, fatiga y muy diversas situaciones que generan que parar evaluar los tiempos de soldeo sea necesario usar un factor de utilización a fin de poner de manifiesto la distorsión en el tiempo y realizar un análisis experimental más adecuado. Este factor de utilización se estimó en 95% de acuerdo a las referencias bibliográficas (R. Cáceres, 2008).

Cabe resaltar que el tiempo de soldeo especificados en las diversas que se muestran a continuación dicho factor ya está incluido.

Por otro lado, cabe resaltar que el proceso de soldadura involucra una serie de tiempos: tiempos de raíz, caliente, relleno y acabado que fueron tomados convenientemente con un cronómetro al momento de soldar un pilote, siendo dichos datos recopilados en fichas convenientemente elaboradas, las mismas que se muestran en los anexos 15 y 16.

Los datos recolectados incluyeron: los pases de tiempo de arco y tiempo de parada, así mismo se consideró el tiempo de inicio y el tiempo de término de cada una de las actividades del proceso en mención. Los referidos tiempos fueron registrados obteniéndose resultados generales expresados en minutos.

En la tabla 08 se detallan los minutos de soldeo, paradas y número de paradas de las juntas soldadas con el proceso de soldadura FCAW.

Tabla 08 tiempos de parada del proceso de soldadura FCAW

Pase	Tiempo de soldeo en minutos/día/pilote	Tiempo de parada en minutos/día/pilote	Número de paradas por pilote
Raíz	22.02	23.98	28
Caliente	3.85	0.67	
relleno 6011	7.23	1.77	
relleno 71T1M	11	1	
relleno 71T1M	10	1	
relleno 71T1M	8.65	1	
acabado 71T1M	10.18	1	
	72.93	30.42	

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que en una junta de 20"Ø X 1.125" a 1.125" el tiempo para soldarla es de 103.35min, de lo cual 72.93min es el tiempo tomado en la que se inicia el arco de soldadura, los 30.42min es el tiempo tomado cuando se cambia de electrodo y el número de paradas es de 28.

Volúmenes de soldadura

Al considerar que el alambre tubular pasa por el cable de soldar donde este puede sufrir rotura, ya sea por aplastamiento, atrapamiento, mala manipulación del soldador y muy diversas situaciones que generan que para evaluar los volúmenes de soldadura sea necesario usar un factor de utilización a fin de poner de manifiesto la distorsión en la cantidad de volumen y realizar un análisis experimental más adecuado. Este factor de utilización se estimó en 6% de acuerdo a las referencias bibliográficas (R. Cáceres, 2008).

Cabe resaltar que los volúmenes de soldadura especificados en las diversas que se muestran a continuación dicho factor ya está incluido.

Por otro lado, cabe resaltar que el proceso de soldadura involucra: El alambre tubular E- 701T1M de 1.6, que fueron pesados convenientemente antes y después de soldar un pilote, siendo dichos datos recopilados en fichas apropiadamente elaboradas, las mismas que se muestran en el anexo 17.

Los datos recolectados incluyeron: Electrodo utilizado, cantidad de alambre en kg, así mismo los referidos volúmenes fueron registrados obteniéndose resultados generales expresados en kg.

En la siguiente tabla 09 se detallan los volúmenes de soldadura registrados de la junta soldada con el proceso FCAW.

Tabla 09 volúmenes de soldadura (FCAW)

SOLDADURA TUBO DE 20"Ø X 1.125"a 1.125"		
ELECTRODOS	DIAMETRO	CANTIDAD KG
E-6010	1/8"	1
E-6011	5/32"	1
E-70T1-1M	1.6	5
		7

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que en la junta de 20"Ø X 1.125"a 1.125" se utilizaron 7 kg de soldadura siendo la más utilizada el electrodo E-70T1-1M 1.6 (5KG), la cual se utilizó para rellenar o depositar más soldadura. En esta parte la alta tasa de deposición de soldadura del proceso de soldadura FCAW hace que se consuma menos kg de soldadura con lo que este proceso demuestra mejora.

Costos de operación

Para los costos de operación con el proceso de soldadura FCAW se tomaron como referencias la mano de obra, materiales y equipos.

Mano de obra

En la tabla 10 se muestra el costo de la mano de obra.

Tabla 10 Mano de obra (FCAW)

MANO DE OBRA			
Operador	Costo/hora (S/.)	Remun. Básica (S/.) 240hrs	Hrs. extras 50% 12hrs
soldador 1	6.8	1632	122.4
soldador 2	6.9	1656	124.2
soldador 3	7.2	1728	129.2
soldador 4	7.2	1728	129.2
Esmerilador	5.8	1392	104.4
Esmerilador	5.8	1392	104.4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 09 se aprecia que no se requirió hacer descansos trabajados con lo cual la empresa ahorra de pagar S/.3176 X 80hrs de D.T.

Materiales

En la siguiente tabla 11 se muestra la cantidad y costo de los electrodos:

Tabla 11 cantidad y costos de electrodos. (FCAW)

MATERIAL PARA FCAW			
Electrodo	Cantidad kg	Costo 1kg (\$)	Total (\$)
70T1M1	350	6.66	2331
Electrodo	Cantidad kg	Costo 1kg (S/.)	Total (S/.)
6010	70	15	1050
6011	70	16	1120
Gas	Cantidad/unid.	Costo (S/.)	Total (S/.)
Argon+Co2 (80%+20%)	18	160	2880

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que para el soldeo de los pilotes con el proceso de soldadura FCAW se necesita 495kg de soldadura de los cuales el electrodo más consumido es el E70T1-1M 1.6 con 350kg, el costo total de los electrodos es de S/. 9025.60, el costo del gas es de S/.2880.

Dado que, se trabajó con un total de 70 pilotes, los costos operativos por pilotes son de S/. 128.90 y S/. 41.10.

3.4. Prueba de Hipótesis

Con cuadros estadísticos se demuestra la mejora de la productividad.

Para la fabricación de pilotes se necesitan soldar 70 juntas ver detalle de pilotes en anexo 06, con lo cual con el proceso SMAW se demoró 6 semanas y un día, dentro de estas semanas se trabajó 4 descansos trabajados (D.T.), siendo estos D.T. pagados al doble, es decir si fueron 40hrs las trabajadas al computarse serán 80hrs. Caso contrario es el proceso FCAW donde el tiempo que se toma es de 3 semanas y tres días y no se necesita hacer sobretiempos.

En la siguiente tabla 12 se muestra un análisis comparativo de los dos procesos en estudio siendo el más productivo el proceso de soldadura FCAW.

Tabla 12 Análisis comparativo de productividad entre SMAW VS FCAW

Día	Días/semanas	Cantidad de pilotes SMAW	cantidad de pilotes FCAW
	semana 1	12	20
Lunes	dia1	2	4
Martes	dia2	2	4
Miércoles	dia3	2	4
Jueves	dia4	2	4
Viernes	dia5	2	4
Sábado	dia6 (D.T)	2	Descanso
Domingo	dia7 (D.T)	Descanso	Descanso
	semana 2	12	20
lunes	dia1	2	4
Martes	dia2	2	4
Miércoles	dia3	2	4
Jueves	dia4	2	4
Viernes	dia5	2	4
Sábado	dia6 (D.T)	2	Descanso
Domingo	dia7 (D.T)	Descanso	Descanso
	semana 3	12	20
Lunes	dia1	2	4
Martes	dia2	2	4
Miércoles	dia3	2	4
Jueves	dia4	2	4
Viernes	dia5	2	4
Sábado	dia6 (D.T.)	2	Descanso
Domingo	dia7(D.T.)	Descanso	Descanso
	semana 4	12	10
Lunes	dia1	2	4
Martes	dia2	2	4
Miércoles	dia3	2	2
Jueves	dia4	2	-
Viernes	dia5	2	-
Sábado	dia6(D.T.)	2	-
Domingo	dia7(D.T.)	Descanso	-
	semana 5	10	-
Lunes	dia1	2	-
Martes	dia2	2	-
Miércoles	dia3	2	-
Jueves	dia4	2	-
Viernes	dia5	2	-
Sábado	dia6(D.T.)	Descanso	-
Domingo	dia7(D.T.)	Descanso	-
	semana 6	10	-
Lunes	dia1	2	-
Martes	dia2	2	-
Miércoles	dia3	2	-
Jueves	dia4	2	-
Viernes	dia5	2	-
Sábado	dia6(D.T.)	Descanso	-
Domingo	dia7(D.T.)	Descanso	-
	semana 7	2	-
Lunes	dia1	2	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13 Análisis comparativo entre SMAW VS FCAW

Semana	Cantidad de pilotos SMAW	Cantidad de pilotos FCAW
semana 1	12	20
semana 2	12	20
semana 3	12	20
semana 4	12	10
semana 5	10	0
semana 6	10	0
semana 7	2	0
Total	70	70

Fuente: Elaboración Propia

Al aplicar la Comparación de Medias a través del SPSS, el Software arrojó los siguientes resultados:

Tabla 14 Estadísticos de Muestras Relacionados

	Media	N	Desviación tip.	Error típ. de la media
Par 1 Pilotes	10,00	14	7,232	1,933
Tratamiento	1,50	14	,519	,139

Fuente: Software SPSS

Tabla 15 Prueba de Muestras Relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Pilotes - Tratamiento	8,500	7,251	1,938	4,313	12,687	4,386	13	,001

Fuente: Software SPSS

Se debe tener en cuenta que si el Sig es menor o igual a 0,01 es Altamente significativo y se Rechaza Ho; mientras que si el Sig es menor o igual a 0,05 es Significativo y también se Rechaza Ho; por otro lado, si el Sig es mayor a 0,05 implica que No es significativo y se termina Aceptando Ho.

Tal como se muestra en la última tabla de Prueba de Muestras Correlacionadas, el nivel de significancia es de 0.001 y considerando que si el Sig es menor o igual a 0,001 es Altamente significativo, se puede concluir que Rechaza Ho, es decir, se Acepta H1 o hipótesis alternativa; por lo tanto si existe diferencia muy significativa en relación a los dos tipos de soldadura SMAW y FCAW.

3.4.1. Desarrollo de capacidades

Con el desarrollo de capacidades de los trabajadores sobre el proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes reducirá los tiempos de parada para la empresa IMI del Perú SAC.

Como se sabe la capacitación es parte importante en cualquier proceso donde la capacitada o capacitado, mejora, desarrolla nuevas habilidades y aprende nuevas tecnologías siendo beneficioso para el trabajador y la empresa, Ver anexo 07.

Mediante el entrenamiento que se brindó a los colaboradores de la empresa IMI del Perú SAC se obtuvieron resultados antes y después de la implementación del proceso de soldadura FCAW.

En la siguiente tabla 16 se observa que antes de la capacitación los tiempos de parada eran 4127.2 min y después de la capacitación los tiempos de parada son de 2129.4 min, con lo cual los tiempos de parada se reducen en un 48.4% demostrando que con el desarrollo de capacidades se reducen los tiempos de parada.

Tabla 16 contrastación de hipótesis 1

	tiempo de soldeo en minutos de 70 juntas	tiempo de parada en minutos de 70 juntas	número de paradas en 70 juntas
Tiempos Antes de la capacitación	8803.2	4127.2	6790
Tiempos Después de la capacitación	5105.6	2129.4	1960

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Alimentación Continua con Electrodo Tubular

Con la alimentación continua con electrodo tubular del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes reducirá los volúmenes de soldadura para la empresa IMI del Perú SAC.

El proceso de soldadura FCAW es un sistema semiautomático donde el soldador acciona la pistola con lo cual el alambre o electrodo tubular que se encuentra en el interior del alimentador es empujado por unos rodillos que pasa por el cable y sale por la pistola iniciándose así el proceso de soldeo, por lo cual el alambre es alimentado continuamente donde el soldador no tiene que parar permitiéndole depositar la soldadura de manera continua, ver anexo 07.

En la tabla 17 se observa que la alimentación continua del alambre tubular y además de su alta tasa de deposición reduce los volúmenes de soldadura en un 42.2% de 70 juntas soldadas.

Tabla 17 contrastación de hipótesis 2

		ELECTRODO	DIAMETRO	CANTIDAD DEPOSITADA X JUNTA (KG)	CANTIDAD DEPOSITADA EN 70 JUNTAS (KG)
ANTES	volúmenes de soldadura con Varilla de soldar	E – 7018	1/8 - 5/32	8.5	595
DESPUES	volúmenes de soldadura con Alambre Tubular	E-70T1-1M	1.6	5	350

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. Proceso de soldadura FCAW

Con el uso del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes mejorara los costos de operación para la empresa IMI del Perú SAC.

En la tabla 18 se muestra que los costos de operación mejoran usando el proceso FCAW teniendo un costo total de S/. 27,885.4 que comparado con el costo del proceso de soldadura SMAW se obtiene un ahorro de 13.17%.

Tabla 18 contrastación de hipótesis 3

	Mano de Obra	Material	Total
Antes del Proceso de Soldadura FCAW	S/. 19,155.80	S/. 12,958	S/. 32,113.80
Después del Proceso de Soldadura FCAW	S/. 15,979.80	S/. 11,905.60	S/. 27,885.40

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo al primer objetivo específico de la presente investigación, y tal como lo describe **Garcés (2007)**, en su investigación donde resalta que cuando es comparado con el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido se logran regímenes de deposición de hasta cuatro veces más y usualmente los costos operativos se reducen en condiciones normales además elimina los problemas de absorción de humedad y almacenaje que ocurre con los electrodos de bajo hidrógeno a su vez elimina los **tiempos perdidos por parada** para descansar y durante el cambio del electrodo revestido que se ha consumido además al lograr depositar en un solo pase un régimen mayor de deposición, se ahorra el tiempo de limpieza que debería utilizarse entre pases con lo que simplifica las tareas de entrenamiento calificación supervisión selección del equipo y mantenimiento labores logísticas de los soldadores materiales y equipó de trabajo porque permite usar un solo proceso y hasta un solo tipo de electrodo en diferentes aplicaciones; de la misma manera, se observó que los tiempos de parada se redujeron con el desarrollo de capacidades de los soldadores, las habilidades adquiridas en la capacitación y el proceso continuo de la soldadura FCAW hacen que el soldador pare menos reduciendo el tiempo de parada, la aplicación del proceso resulto adaptable sin muchas complicaciones debido al fácil manejo del proceso, solo se necesita graduar bien tus parámetros y activar la pistola para soldar. Uno de los inconvenientes es el cable que no debe ser pisado ni quebrado para que no se trabe el alambre así como la limpieza de la boquilla y la posición de la tobera para que el gas fluya correctamente y no ocasione pérdidas de tiempo reparando la pistola o el cordón de soldadura por algún defecto.

De acuerdo con el segundo objetivo específico de la presente investigación, y tal como lo describe **Heriberto (2009)**, en su investigación donde resalta que el proceso FCAW tiene como método de aplicación más común el semiautomático, en el que el soldador se encarga del desplazamiento y alimentación manuales de una pistola de soldar; el alimentador de alambre suministra continuamente el alambre de aporte y su alta tasa de deposición reducen los **volúmenes de soldadura**, y si se desea mejores resultados se puede adicionar protección de un gas o mezcla de varios gases en forma externa para mejorar los resultados y entonces el proceso se considera protegido con gas, se observó que los volúmenes de soldadura disminuyeron, para esto se utilizó la alimentación continua con electrodo tubular, el alambre aplicado fue el 70T1-1M

con un diámetro de 1.6, esto hace que el depósito sea mayor que el proceso SMAW que utiliza un electrodo convencional, los parámetros de soldadura cambian se utilizó voltaje, velocidad de alambre y una protección gaseosa compuesta por Argón 80% + CO₂ 20% esta mezcla de gas es la más recomendable le da una mejor calidad y aspecto al cordón de soldadura, uno de los inconvenientes fue el traslado de los equipos para soldar los pilotes estos equipos son el alimentador o maleta y la botella de gas, además los parámetros son interdependientes con lo que la variación de uno de ellos produce defectos en la soldadura.

De acuerdo al tercer objetivo específico de la presente investigación, y tal como lo describe, **Hurtado (2012)**, En su investigación resalta que las ventajas del proceso FCAW es la buena calidad de los depósitos de soldadura dando buen aspecto al cordón de soldadura además de su alta tasa de deposición horaria (alta productividad) gracias al alto rendimiento del alambre por la alimentación continua, así como un menor número de pases, menor aporte de calor (menos consumo de energía) ,facilidad para automatización, menor costo de mano de obra y usualmente los **costos operativos** se reducen en condiciones normales, se observó que los costos operativos mejoraron, la alta tasa de deposición de soldadura, la alimentación continua del alambre hacen que el proceso de soldadura FCAW sea más productivo que el proceso SMAW, las 70 juntas se hacen en menos tiempo lo cual se aprovecha para avanzar otros trabajos, además los kilos de soldadura se reducen y no se requiere de sobretiempos. Si bien el proceso FCAW utiliza equipos costosos su ventaja es su alta productividad en trabajos donde se necesitan altos regímenes de soldadura tales como pilotes o estructuras de grandes espesores.

V.CONCLUSIONES

Se observó que los tiempos de parada pasaron de 4127.2 min a 2129.4 min, produciéndose una reducción aproximada de 1997.8 min (48.4%). mediante el desarrollo de capacidades sobre el proceso de soldadura FCAW en relación a los tiempos. Es decir se reduce los tiempos de parada del proceso SMAW, por lo tanto se logra el objetivo planteado; determinándose que la capacitación es un factor importante para mejorar la productividad, ya que permite desarrollar nuevas habilidades o mejorarlas, además de conocer nuevas tecnologías con lo que la empresa mejora su productividad.

Se observó que los volúmenes de soldadura se redujeron aproximadamente 42.2% a través de la alimentación continua con electrodo tubular por lo tanto se redujeron los volúmenes de soldadura logrando cumplir con el segundo objetivo específico, con la alimentación continua con electrodo tubular es decir se disminuyó los 595 Kg de soldadura con varilla a 350 kg con alambre tubular, por lo tanto se redujeron los volúmenes de soldadura.

Se demuestra estadísticamente que los costos operativos con el proceso de soldadura FCAW disminuyen en un 13.17% es decir la empresa tiene un costo total de S/. 27,885.40 a comparación de los S/. 32,113.80 que obtienen con el proceso SMAW. Por lo tanto disminuyen los costos.

Por lo tanto, se prueba estadísticamente que el proceso de soldadura FCAW mejora la productividad en la fabricación de pilotes, ya que reduce las 6 semanas y un día que se necesitaban para soldar 70 juntas a 3 semanas y 3 días. Lográndose cumplir con el objetivo general planteado en el desarrollo de la tesis.

VI. RECOMENDACIONES

El inspector de calidad debe tener una buena comunicación con los soldadores, y tomar un ambiente agradable de trabajo. De igual manera el soldador no debería ver al inspector de calidad como un enemigo. Si así lo ve no estaría considerando hacer un buen trabajo de soldadura.

Además de la protección gaseosa que se usa en el proceso de soldadura FCAW se requiere poner una carpa en la junta donde se va a soldar como protector del aire ya que este produce distorsión del gas con lo cual puede ocasionar defectos en la soldadura.

El soldador debe verificar y limpiar constantemente la tobera para evitar que el alambre se trabe o se obstruya la salida del gas para evitar retrasos en el proceso reparando la tobera.

El cable no debe ser pisado, el soldador deberá extender el cable de tal manera que el alambre no se trabe y su salida continua no sea afectada porque de no ser así el alambre se traba y se tiene que abrir el alimentador para poder jalar el alambre quebrado ocasionando retraso en el proceso de soldeo.

Para el soldeo de pilotes con el alambre 70T1-1M 1.6 La protección gaseosa Argón (80%) + CO₂ (20%) le da mejor calidad y aspecto al cordón de soldadura

El soldador debe usar su protección respiratoria utilizando la mascarilla PC 100 con filtros 2097 para humos y gases que produce el proceso FCAW.

El soldador debe hidratarse constantemente por las altas temperaturas que se produce al momento de soldar la junta, porque podría afectar en el rendimiento del trabajador.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMERICAN National Standards Institute. Aws D1.1. 2010: Código de Soldadura Estructural – Acero. Miami, Estados Unidos, 2010. 548p.
2. ALFARO Beltrán, Fernando y ALFARO Escolar, Mónica. Diagnósticos de Productividad por Multimomentos [en línea] Barcelona: Marcombo S.A., 2007 [Fecha de consulta: 7 noviembre 2013] Disponible en:

<http://books.google.com.pe/books?id=JgqyUwNg434C&lpg=PP1&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=CONCEPTO%20DE%20PRODUCTIVIDAD&f=false>

ISBN: 84-267-1189-8
3. BOLO Castillo, Carlos Enrique. Implementación de un Modelo de Monitoreo de Confiabilidad para Mejorar la Operatividad de los Equipos de Bombeo en la Planta de Inyección de Agua Salada Carrizo - Lote X, Proyecto Tesis (ingeniero industrial) Piura –Perú, Universidad Cesar Vallejo, Facultad Ingeniería Industrial, 2013. 90p.
4. CACERES, Roberto. IEEE Latin America Transations [En línea]. Argentina, 2008. [Fecha de consulta: 27 de junio 2014]. Pág. 66. Factor de Utilización de la Potencia. Disponible en:

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol06/vol6issue1March2008/6TLA1_09CACERES.pdf
5. GARCES, Xavier. “Influencia de los Parámetros de Soldadura con Electrodo Tubular sobre las Características de Uniones Soldadas” (ingeniero mecánico) Guayaquil Ecuador. Escuela politécnica superior del litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2007. 142p.
6. GROOVER, Mikell. Fundamentos de Manufactura Moderna Materiales, Procesos y Sistemas [En línea] Naucalpan: Prentice – Hall hispanoamericana S.A., 2007 [fecha de consulta: 9 noviembre 2013] Disponible en:

<http://books.google.com.pe/books?id=tcV0l37tUr0C&lpg=PA735&dq=ventajas%20y%20limitaciones%20de%20la%20soldadura%20smaw&hl=es&pg=PA735#v=onepage&q=ventajas%20y%20limitaciones%20de%20la%20soldadura%20smaw&f=false>

[ISBN: 968-880-846-6](#)

7. HERNANDEZ, Carolina. "Propuesta de Mejoras en los Trabajos de Soldadura Realizados en Constructora TAMPA C.A", Tesis (ingeniero industrial) Venezuela. Universidad de Oriente núcleo de Anzoátegui, Facultad de Ingeniería Industrial, 2009. 116p.
8. HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., & Batista, P., (2010). Metodología de la Investigación Científica. 3ª, Edición. Edit. Mc Graw Hill, México.
9. HURTADO, Raúl (2012) curso de preparación CWI-PUCP material de lectura semana 2 y 3.
10. Juran, J. Manual de control de la calidad [en línea] Barcelona: Reverte S.A., 1990 [Fecha de consulta: 9 de noviembre 2013] Disponible en:

<http://books.google.com.pe/books?id=JmnDQ4fzgzQC&lpg=PA437&dq=concepto%20de%20mejora&hl=es&pg=PA437#v=onepage&q=concepto%20de%20mejora&f=false>

[ISBN: 84-291-2652-X.](#)
11. KRISPIN, Juan Rafael. "Determinación Experimental de la Influencia de la Velocidad del Viento, en la Soldadura por Arco Eléctrico", Tesis (ingeniero mecánico) Venezuela. Universidad de Oriente núcleo de Anzoátegui, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2010. 82p.
12. LINCOLN, Electric. Manual con Electroodos Revestidos [En línea]. Departamento de formación, Lincoln-KD, S.A. [ref. 15 de noviembre 2013]. Disponible en web:

<http://solysol.com.es/data/documents/soldadura=20electrodo=20rec.doc.pdf>
13. MAURY Ramírez, Heriberto, NIEBLES Núñez, Enrique y TORRES Salcedo, Jaime. Diseño para la Fabricación y Ensamble de Productos Soldados. [En línea] Bogotá: Uninorte, 2009 [fecha de consulta: 8 noviembre 2013] Disponible en:

http://books.google.com.pe/books?id=S_LOocKWa04C&lpg=PA153&dq=proceso%20fcaw%20alambre%20tubular&hl=es&pg=PA153#v=onepage&q=proceso%20fcaw%20alambre%20tubular&f=false

ISBN: 978-958-8252-74-2.

14. RODRÍGUEZ, Anaiz. Especialización en Gerencia, Capacitación y Desarrollo de Recursos Humanos. [En línea] "S.L.", 2009 [fecha de consulta: 11 noviembre 2013] Disponible en: <http://www.oocities.org/es/avrrinf/grh/trabajo3/trabajo3.htm>

15. RUIZ, Adolfo. Manual de derecho mercantil [en línea] Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2007 [fecha de consulta: 9 noviembre 2013]. Capítulo 6. La Estructura Jurídica de la Empresa. Disponible en:

http://books.google.com.pe/books?id=FUrtlh4VoEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

ISBN: 978-84-8468-217-2.

16. SOLDEXA. Manual de Soldadura, 7a. ed. Rancagua: Segracom, 2012. 287p.

ANEXOS

Anexo 01: Registro de Asistencia y Capacitación



IMI DEL PERÚ S.A.C.

REGISTRO DE ASISTENCIA Y CAPACITACIÓN

DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

CURSO CHARLA OTROS

LUGAR

TEMA

CONTENIDO DEL TEMA

OBJETIVO

CAPACITADOR

DIRIGIDO A

FECHA HORA DE INICIO HORA DE TERMINO

PARTICIPANTES						
Nº	CODIGO / DNI	APELLIDOS Y NOMBRES	EMPRESA	DEPARTAMENTO	DESCANSO SI/NO	FIRMA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

IMI-BP-21 Ver.01

FIRMA DEL
CAPACITADOR

Fuente: IMI del Perú SAC.

Anexo 02: Ensayo Radiográfico.

	ENSAYO RADIOGRAFICO				Hoja : 1 de 1	Rev. 0		
					FECHA FORMATO	15-09-12		
					REPORTE N°:	CS 002/13		
Cliente: IMI DEL PERU S.A.C		Dirección: TALARA						
GENERAL								
Proyecto: CALIFICACION DE SOLDADOR								
Objeto de Ensayo: PROBETA - TUBERIA Ø: 6" Espesor: Sch-80 Refuerzo: 3 mm								
Plano: Isométrico: Spool:								
Material: ASTM A-106 GR-B Preparación de Bordes: A tope Proceso de Soldadura: SMAW								
MATERIAL Y DATOS DE ENSAYO								
Procedimiento N°: QT-RT-002		Criterio de Evaluación: ASME Sección IX						
Fuente: Ir192	Dimensiones: 3.926 mm	Actividad (GBq): 473.6						
Película: AGFA	Tipo: D5	Dimensiones: 70 x 260 mm	Pantallas: 0,127mm -0.254mm					
IQI Tipo: ASTM	N°: 1B	Situación: Lado Película						
Distancia Fuente Film: 168.3 mm	Tiempo de Exposición: 1 minuto 15 segundos							
TIPO DE DEFECTO					CALIFICACION			
C	Flisura	TI	Inclusión de Tungsteno			A= Aceptado R= Reparar		
LF	Falta de Fusión.	EI	Indicación Alargada					
IP	Falta de Penetración.	CRS	Superficie Cóncava de la Ratz					
P	Porosidad Interna.	IU	Socavado Interno					
SI	Inclusión de Escoria	EU	Socavado Externo					
Identificación	Sector	Soldador	IQI Requerido	Espesor (mm)	Densidad	Tipo y Ubicación de Discontinuidades y o Defectos	Calificación	Técnica radiográfica
JOEL VILCHEZ REQUELME / POSICION SG / S-3								
S-3	P1	JVR	7	0.33	2.5 - 3.5	IU	A	
	P2					IU	A	
	P3					IU	A	
								
								
								
								
								
								
								
								
								
								
								
Observaciones:								
OPERADORES			INSPECTOR CLIENTE			EVALUADOR		SUPERVISOR
Richard Chiroque Marco Valladares						Rolando Clavijo Arcela Level II SNT-TC-1A		
Firma y Fecha: 28-11-13			Firma y Fecha:			Firma y Fecha: 28-11-13		Firma y Fecha:

Fuente: Quality Testing.

Anexo 03: Formato de tiempos de parada.

FORMATO DE TIEMPOS DE PARADA									
SOLDADOR		<i>López Chira Freddy Dandy / Colan Lema Danfer</i>							
FECHA		<i>07/08/2014</i>	TALLER		<i>Soldadura / Serv. Adicionales</i>				
LUGAR/ACTIVIDAD		<i>Parcela 25/ soldeo de pilotes con FCAW</i>	JEFE DE GRUPO RESPONSABLE		<i>Yacila Urbina Julio Cesar</i>				
			PILOTE/JUNTA		<i>01 / 001</i>				
DESCRIPCION DEL TRABAJO									
PASE	PROCESO	ELECTRODO	DIAMETRO	AMPERAJE	VELOCIDAD DE ALAMBRE	VOLTAJE	N° PARADAS	TIEMPO X PARADA (min)	TIEMPO DE SOLDEO (min)
1	SMAW	6010	1/8"	70 – 80	-	-	18	23.98	22.02
2	SMAW	6011	5/32"	150 - 160	-	-	2	0.77	3.23
3	SAMW	6011	5/32"	150 - 160	-	-	5	1.77	7.23
4	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.5 - 26.2	1	1	11
5	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.6 - 28	1	1	10
6	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	25 - 30	1	1	8
7	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.3 - 30	1	1	10
OBSERVACIONES: _____									

FIRMA JEFE DE GRUPO RESPONSABLE									
Nombres y Apellidos: Yacila Urbina Julio Cesar									
Código : IO1518									

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 04: Formato de Volúmenes de Soldadura

FORMATO DE VOLUMENES DE SOLDADURA								
SOLDADOR		Lopez Chira Freddy Dandy / Colan Lema Danfer						
FECHA		07/08/2014	TALLER			Soldadura / Serv. Adicionales		
LUGAR/ACTIVIDAD		Parcela 25	JEFE DE GRUPO RESPONSABLE			Yacila Urbina Julio Cesar		
		Soldeo de Pilotes con FCAW	PILOTE/JUNTA			01/001		
DESCRIPCION DEL TRABAJO								
PASE	PROCESO	ELECTRODO	Ø	AMPERAJE	VELOCIDAD DE ALAMBRE	VOLTAJE	PESO DE METAL DEPOSITADO (KG)	CANTIDAD DEPOSITADA (KG)
1	SMAW	6010	1/8"	70 – 80	-	-	1	6.99
2	SMAW	6011	5/32"	150 – 160	-	-	0.33	
3	SMAW	6011	5/32"	150 – 160	-	-	0.66	
4	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.5 - 26.2	1	
5	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.6 - 28	2	
6	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	25 - 30	1.5	
7	FCAW	70T1-1M	1.6	-	200	24.3 - 30	0.5	
OBSERVACIONES: _____								

FIRMA JEFE DE GRUPO RESPONSABLE								
Nombres y Apellidos: Yacila Urbina Julio Cesar								
Código : IO1518								

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 05: Formato de costos operativos

FORMATO DE COSTOS OPERATIVOS					
Mano de Obra					
OPERADOR	COSTO/HORA (S/.)	REMUN. BASICA (S/.)	HRS. EXTRAS 50%	D.T (S/.)	ASIG. FAMILIAR (S/.)
soldador 1	6.8	1632	122.4	544	70
soldador 2	6.9	1656	124.2	552	70
soldador3	7.2	1728	129.2	576	70
soldador4	7.2	1728	129.2	576	70
esmerilador	5.8	1392	104.4	464	70
esmerilador	5.8	1392	104.4	464	70
Material					
MATERIAL	DESIGNACION	DIAMETRO	COSTO X KG	CANTIDAD COMPRADA KG	COSTO TOTAL
Electrodo	6010	1/8"	S/. 16	70	S/. 1,120
Electrodo	6011	5/32"	S/. 15	70	S/. 1,050
Electrodo	7018	1/8"	S/. 16	123	S/. 1,968
Electrodo	7018	5/32"	S/. 18	490	S/. 8,820
Alambre	70T1-1M	1.6"	\$/6.66	355	\$/ 2,364.3
Gas	Argón + CO2	-	S/. 160	18	S/. 2,880

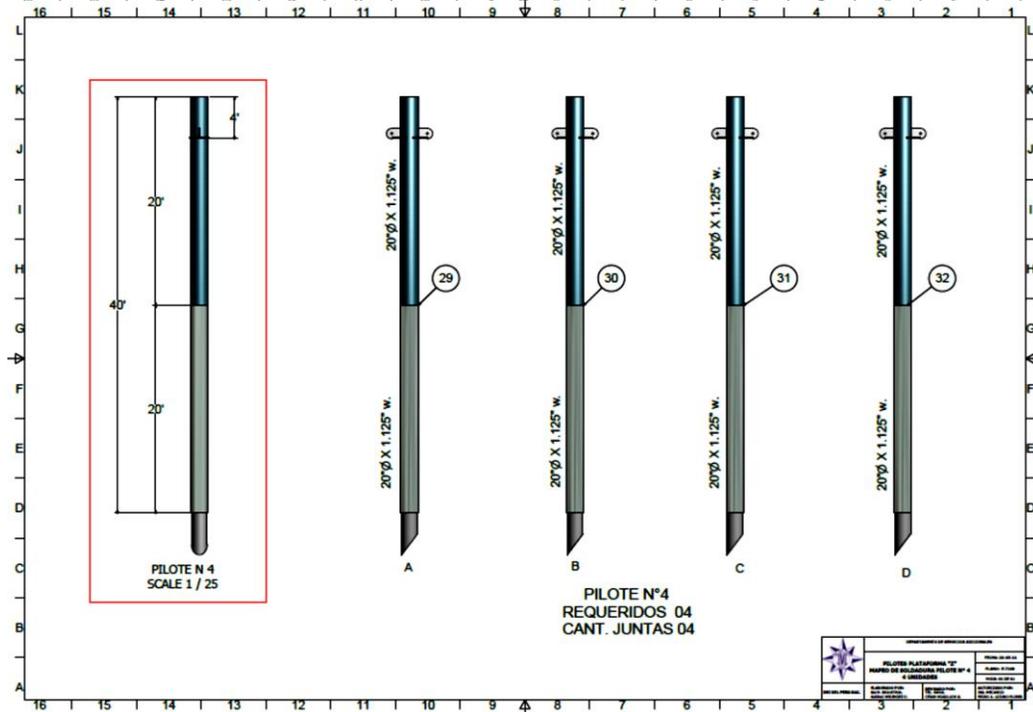
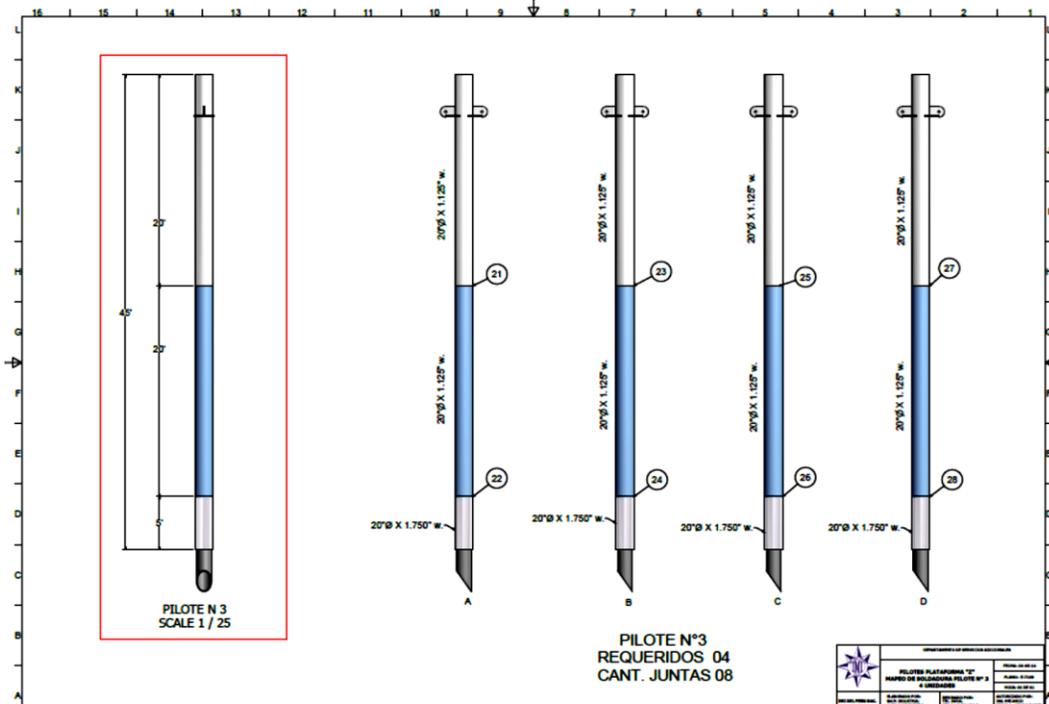
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 06: Formato Estado de Equipos

Formato de Equipos FCAW			
PROVEEDOR	Lincoln Electric	DEPARTAMENTO	Serv. Adicionales
EMPRESA	IMI	AREA	Parcela 25
EQUIPO	Tipo	COSTO \$	SERIE
Alimentador	LN 25	2500	A 10 – 1551
Alimentador	LN 25	2500	A 10 – 1552
Alimentador	LN 25	2500	A 10 – 1553
Alimentador	LN 25	2500	A 10 – 1554
Maquina soldar	Invertec	3500	A 10 – 1410
Maquina soldar	Invertec	3500	A 10 – 1411
Maquina soldar	Invertec	3500	A 10 – 1412
Maquina soldar	Invertec	3500	A 10 – 1413

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 07: Pilotes Sección 3 y 4



Fuente: IMI del Perú SAC

Anexo 08: Fotos de Capacitación



Fuente: Tomas Fotográficas Propias

Anexo 09: Fotos utilizando FCAW



Fuente: Tomas Fotográficas Propia

Anexo 10: Fotos de Pilotes



Fuente: Tomas Fotográficas Propia

Anexo 11: Tiempo de Raíz y Caliente con SMAW

RAIZ		
PASES	TIEMPO /SEG	CAMBIO DE VARILLA
1	56	65
2	35	30
3	22	120
4	53	47
5	46	120
6	55	166
7	78	63
8	73	69
9	69	49
10	74	114
11	73	49
12	70	39
13	74	58
14	70	77
15	76	120
16	76	126
17	70	57
18	71	70
19	50	

CALIENTE		
PASES	TIEMPO/SEG	CAMBIO DE VARILLA
1	1'	28"
2	1' 2"	18"
3	56"	

Inicio de caliente	3:11 pm
Termino de caliente	3:14 pm

veces que paró el soldador 2
 Rango de amperaje 150 - 160

Electrodo utilizado E - 6011 de 5/32

Inicio de Raíz 2:20 pm
 Termino de Raíz 3:06 pm

Veces que paró el soldador 18

Rango Amperaje que se utilizo 70 -80

Electrodo utilizado E - 6010 de 1/8

Anexo 12: Tiempo de Relleno con SMAW

RELLENO E - 6011 5/32		
pases	tiempo/seg	cambio de varilla
1	1' 6"	20"
2	56"	27"
3	57"	26"
4	46"	18"
5	1'	15"
6	1' 3"	

Inicio de relleno 3:16 pm
 Termino de relleno 3:25 pm

 Veces que paro el soldador 5
 Rango de amperaje 150 - 160

 Electrodo utilizado E - 6011 de 5/32

Relleno E -7018 1/8		
PASES	TIEMPO DE ARCO	CAMBIO DE VARILLA
1	1' 3" 20'''	36" 30'''
2	56" 20'''	13" 50'''
3	59" 3'''	50" 35'''
4	58" 2'''	15" 4'''
5	1'0" 3'''	9" 40'''
6	56" 10'''	32" 52'''
7	57" 15'''	45" 12'''
8	56" 70'''	12" 2'''
9	56" 76'''	16" 50'''
10	57" 67'''	18" 2'''
11	1' 1" 4'''	18" 11'''
12	1' 1" 8'''	19" 9'''
13	59" 49'''	10" 10'''
14	1' 2" 30'''	10"
15	1' 0" 2'''	26"
16	56" 30'''	23"50'''
17	55" 35'''	10" 50'''
18	56" 12'''	18"
19	55" 50'''	20" 30'''
20	54" 31'''	23" 10'''
21	1' 1" 3'''	25" 35'''
22	58" 77'''	1' 2" 3'''
23	58" 12'''	

Inicio de relleno 3:27 pm
 Termino de relleno 4: 02pm

veces que paro soldador 22
 Rango de amperaje 130 - 140

Electrodo utilizado E - 7018 de 1/8

Anexo 13: Tiempo de Relleno con SMAW

1 Relleno 7018 5/32		
pases	tiempo de arco	cambio de varilla
1	1' 16" 32'''	57" 33'''
2	1' 14" 55'''	4' 46" 32'''
3	1' 12" 49'''	32" 57'''
4	1' 10" 56'''	22" 40'''
5	1' 8" 26'''	33" 10'''
6	1' 4" 90'''	25" 30'''
7	1' 10" 66'''	18" 20'''
8	1' 10" 8'''	40" 10'''
9	1' 6" 95'''	15" 5'''
10	1' 8" 21'''	14" 15'''
11	1' 13" 72'''	10" 10'''
12	1' 15" 21'''	12" 95'''
13	1' 14" 54'''	15"
14	1' 11" 75'''	14" 5'''
15	1' 11" 65'''	18" 8'''
16	1' 8" 70'''	25" 15'''
17	1' 12" 20'''	12" 35'''
18	1' 4" 41'''	20" 38'''
19	1' 5" 21'''	18" 70'''
20	1' 3" 81'''	

Inicio de relleno 4:03 p.m.
 Termino de relleno 4:40 p.m.
 Veces que paro soldador 19
 Rango de Amperaje 160 – 170
 Electrodo utilizado E- 7018 de 5/32

2 relleno 7018 5/32		
pases	tiempo de arco	cambio de varilla
1	1' 12" 55'''	24" 35'''
2	1' 1" 19'''	14" 70'''
3	1' 10" 34'''	12" 50'''
4	1' 13" 39'''	20" 10'''
5	1' 5" 10'''	21" 13'''
6	1' 11" 75'''	25" 34'''
7	1' 11" 14'''	12" 13'''
8	1' 6" 51'''	20" 20'''
9	1' 6" 48'''	21" 10'''
10	1' 11" 48'''	10" 15'''
11	1' 7" 33'''	30" 10'''
12	1' 15" 30'''	18" 35'''
13	1' 4" 63'''	12" 20'''
14	1' 15" 39'''	14" 35'''
15	1' 8" 32'''	16" 25'''
16	1' 9" 21'''	15" 20'''
17	1' 17" 96'''	16" 30'''
18	56" 9'''	

Inicio de relleno 4:41 p.m.
 Termino de relleno 5:06 p.m.
 Veces que paro soldador 17
 Rango de amperaje 160 – 180
 Electrodo utilizado E- 7018 de 5/32

Anexo 14: Tiempo de Acabado con SMAW

Acabado 7018 5/32		
Pases	tiempo arco	cambio de varilla
1	1' 04" 16'''	23" 10'''
2	1' 3" 68'''	2' 38" 50'''
3	1' 3" 87'''	27" 30'''
4	1' 12" 48'''	25" 35'''
5	1' 8" 76'''	18" 45'''
6	1' 4" 95'''	15" 97'''
7	1' 7" 14'''	15" 35'''
8	1' 10" 10'''	25" 35'''
9	1' 5" 53'''	24" 10'''
10	1' 8" 31'''	28" 10'''
11	1' 6" 87'''	23" 37'''
12	1' 8" 18'''	24" 10'''
13	1' 9" 88'''	25" 35'''
14	1' 15" 23'''	23" 10'''
15	15" 72'''	

Inicio relleno 5:07 p.m.
 Termino relleno 5:36 p.m.

Veces que paro 14
 soldador
 Rango de amperaje 150 – 175

Anexo 15: Tiempos de Raíz y Caliente con SMAW

RAIZ		
PASES	TIEMPO /SEG	CAMBIO DE VARILLA
1	56	65
2	55	30
3	22	120
4	53	47
5	46	58
6	15	43
7	78	63
8	73	69
9	69	49
10	74	114
11	73	49
12	70	39
13	74	120
14	70	77
15	76	120
16	76	126
17	70	180
18	71	70
19	70	

Inicio de raíz 7:30am
 Termino de raíz 8:16pm
 Veces que paro soldador 18
 Rango Amperaje 70 -80
 Electrodo utilizado E - 6010 1/8

CALIENTE		
PASES	TIEMPO/SEG	CAMBIO DE VARILLA
1	1' 30"	23"
2	1' 25"	17"
3	56"	

Inicio de caliente 8:21 a.m.
 Termino de caliente 8:25 a.m.

Veces que paro el soldador 2
 Rango de amperaje 150 – 160

Electrodo utilizado E - 6011 5/32

RELLENO		
pases	tiempo/seg	cambio de varilla
1	1' 6"	20"
2	56"	27"
3	57"	26"
4	46"	18"
5	1'	15"
6	1' 3"	

Inicio de relleno 08:27 a.m.
 Termino de relleno 08:36 a.m.

Veces que paro el soldador 5
 Rango de amperaje 150 – 160
 Electrodo utilizado E - 6011 5/32

Anexo 16: Tiempos de Relleno con FCAW

1 relleno E- 71T1M 1.6		
PASES	tiempo de arco	Tiempo de parada
1	3' 30"	60"
2	7' 30"	

11 1
 Inicio 8:38am
 Termino 8:50am

2 relleno E- 71T1M 1.6		
PASES	Tiempo de arco	Tiempo de parada
1	5' 45"	60"
2	4' 15"	

10 1
 inicio 8:51 a.m.
 termino 9:02 a.m.

3 relleno E- 71T1M 1.6		
PASES	Tiempo de arco	Tiempo de parada
1	5' 15"	60"
2	3' 24"	

8.65 1
 Inicio 9:03 a.m.
 Termino 9:12 a.m.

Acabado 71T1M 1.6		
PASES	tiempo de arco	Tiempo de parada
1	5'	60"
2	5' 11"	

10.18 1
 Inicio 9:13 a.m.
 termino 9:24 a.m.

Anexo 17: Calculo de Volúmenes

CANTIDAD DE ELECTRODOS CONSUMIDOS EN PILOTE (SMAW)			
PASES	ELECTRODO	ESPESOR	N° DE VARILLAS
1	E-6010	1/8	30
2	E-6011	5/32	8
3	E-6011	5/32	16
4	E-7018	1/8	44
5	E-7018	5/32	50
6	E-7018	5/32	40
7	E-7018	5/32	32

CANTIDAD DE ELECTRODOS CONSUMIDOS EN PILOTE (FCAW)				
PASES	ELECTRODO	ESPESOR	N° DE VARILLAS	KG UTILIZADOS
1	E-6010	1/8	38	1
2	E-6011	5/32	8	1
3	E-6011	5/32	16	
4	E-701T1M	1.6	1	5
5	E-701T1M	1.6	2	
6	E-701T1M	1.6	1.5	
7	E-701T1M	1.6	0.5	