

**MODIFICACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE MONTACARGA NO
CONVENCIONAL MOFFETT**

**DANIEL ALEXIS AGUILAR ZAPATA
JUAN CARLOS CORREA VELÁSQUEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2014**

**MODIFICACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE MONTACARGA NO
CONVENCIONAL MOFFETT**

**DANIEL ALEXIS AGUILAR ZAPATA
JUAN CARLOS CORREA VELÁSQUEZ**

Trabajo de grado para optar el título de Tecnólogo Mecánico industrial

Asesor: Sigifredo González Londoño
Magister en Administración Educativa de la U. de A

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2014**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Porque él es el centro de nuestro universo.

Mateo 6:33: 33 Mas buscad primeramente el reino de Dios y su justicia, y todas estas cosas os serán añadidas.

A NUESTRA EMPRESA:

Nike colombiana S.A

Por suministrarnos toda la infraestructura, materiales, equipos y conocimientos para poder llevar a cabo este proyecto.

AL TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA:

En donde se obtienen las bases fundamentales sobre conocimiento metalmeccánico para tener iniciativa propia intensificando conocimientos reales laborales.

Tabla de contenido

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	15
4.1 CARRETILLAS ELEVADORAS MOFFETTS.....	15
4.2 MONTACARGA.....	17
4.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	19
4.4 SOPORTES METÁLICOS (PIE AMIGO).....	20
4.4.1 ACERO.....	22
4.4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ACERO.....	24
4.5 PROCESO DE SOLDADURA MIG MAG.....	24
5. METODOLOGÍA.....	35
5.1 PROCEDIMIENTO.....	35
5.2 TIPO DE PROYECTO.....	35
5.3 PLAN DE TRABAJO.....	36
5.4 POBLACIÓN.....	36
6. RESULTADOS DEL PROYECTO.....	38
6.1 ORIGEN DE LA IDEA.....	38
6.2 DESARROLLO DE LA IDEA.....	40
7. CONCLUSIONES.....	53
8. RECOMENDACIONES.....	54
CIBERGRAFIA.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1. Modo transporte carretilla elevadora MOFFETT.....	14
2. carretilla elevadora MOFFETT.....	15
3. Montacargas convencional.....	17
4. Componentes de un sistema hidráulico.....	19
5. Acero 1020.....	22
6. Componentes del proceso de soldadura MIG.....	24
7. Componentes equipo de soldadura MIG.....	26
8. Componentes de alimentador de hilo de equipo de soldadura MIG.....	30

LISTA DE ANEXOS

Elemento	Páginas
1. Chasis abierto de MOFFETT.....	37
2. Desconexión de mangueras.....	38
3. Desarme de gato estabilizador y tapas protectoras.....	38
4. Desconexión total de mangueras del mástil.....	39
5. Extracción del mástil.....	40
6. Corte con pulidora de soportes originales.....	40
7. Soportes laterales a instalar.....	41
8. Transporte de MOFFETT a proceso de soldadura.....	42
9. Uso de polipasto para cerrar chasis.....	42
10. Proceso de soldadura.....	43
11. Limpieza y revisión de soldadura.....	44
12. Vista de soportes instalados con soldadura.....	45
13. Mástil desarmado.....	45

14. Montaje de mástil.....	46
15. Resultado del trabajo realizado al chasis.....	47
16. Pruebas de desplazamiento del mástil.....	48
17. Entrega de MOFFETT intervenido.....	49

GLOSARIO

ESBELTEZ: es una característica mecánica de las barras estructurales o prismas mecánicos que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total.

HIDRÁULICA: Es una rama de la mecánica de fluidos y ampliamente presente en la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa y a las condiciones a que esté sometido el fluido, relacionadas con la viscosidad de este.

MALACATE: Un malacate es un equipo de seguridad diseñado para transportar verticalmente materiales durante una construcción u obras con altura importante, obras de minería y túneles.

MÁSTIL: Componente encargado de recoger, elevar y transportar la carga, está conformado por carriles, pistones, cadenas y mangueras.

TOBERA: Es un dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido (conocida como entalpía) en energía cinética. Como tal, es utilizado en turbo máquinas y otras máquinas, como inyectores, surtidores, propulsión a chorro, etc.

RESUMEN

Este trabajo fue realizado con el objetivo de generar un cambio en la estructura de una montacargas no convencional Moffett, mediante el análisis de sus fallas, presentadas por un tipo de trabajo irregular que están realizando y para el cual no están capacitadas, siendo su principal causa el trabajo en pendientes del valle de aburra, ya que están diseñadas para trabajar en terreno plano.

El trabajo consiste en la implementación de dos platinas (pie amigos), con una medida y en una posición que no afectan el diseño original de la máquina, pasando primero por un “cerramiento de la estructura” con un malacate, devolviéndolo a la medida del diseño inicial. Estas platinas serán implementadas mediante un procesos de soldadura, las cuales proporcionaran mayor fuerza a la estructura en todo su complemento, además de ser sostenibles en el tiempo de trabajo en una geografía como la del valle de aburra, principal causante de esta falla.

El procedimiento será aplicado a uno de los equipos que pertenecen a la empresa NIKE COLOMBIANA S.A y que se encuentran en condición de alquiler a la empresa ARGOS, buscando mayor rendimiento en la máquina y por ende en ambas empresas, y que de ser necesario se aplicaría a todas las montacargas no convencional moffett, operantes en el valle de aburra.

INTRODUCCIÓN.

Las montacargas no convencional Moffett, están diseñadas para trabajar en terreno plano, y no en una geografía tan agresiva en pendientes y lomas como la del valle de aburra, por tal motivo este trabajo plantea una reingeniería en la estructura de la máquina para prolongar su vida útil, evitando un ensanchamiento y posterior ruptura de su estructura. Se pretende lograr que la máquina pueda levantar la carga permitida en cualquier lugar sin que su estructura sufra daños, generando un ritmo de trabajo constante que beneficie económicamente a las empresas que manejan estos equipos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las montacargas Moffett viene importadas con un diseño no convencional, fabricadas para trabajo pesado en terreno plano, surgiendo la dificultad de maniobrar en las obras de construcción del valle de aburra, pues estas obras, gran parte se ubican en cuestas, generando un desgaste de la estructura de la máquina en sus brazos laterales, ya que queda inclinada hacia un lado y es necesario generar un contrapeso con la carga hacia el otro lado, produciendo entonces que los brazos se abran y que los rodillos no se desplacen sobre estos, quedando muy propensos a reventarse. Surge entonces la necesidad de generar un cambio en la estructura de la máquina, el cual se complemente con el diseño original de la máquina y esta pueda maniobrar en pendientes y lomas, asimilando los cambios en la estructura y el buen funcionamiento de esta.

2. JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo fue realizado con el objetivo de generar un cambio en la estructura de una montacargas no convencional Moffett, mediante el análisis de sus fallas, presentadas por un tipo de trabajo irregular que están realizando y para el cual no están capacitadas, siendo su principal causa el trabajo en pendientes del valle de aburra, ya que están diseñadas para trabajar en terreno plano.

El trabajo consiste en la implementación de dos platinas (pieamigos), con una medida y en una posición que no afectan el diseño original de la máquina, pasando primero por un “cerramiento de la estructura” con un malacate, devolviéndolo a la medida del diseño inicial. Estas platinas serán implementadas mediante un procesos de soldadura, las cuales proporcionaran mayor fuerza a la estructura en todo su complemento, además de ser sostenibles en el tiempo de trabajo en una geografía como la del valle de aburra, principal causante de esta falla.

El procedimiento será aplicado a uno de los equipos que pertenecen a la empresa NIKE COLOMBIANA S.A y que se encuentran en condición de alquiler a la empresa ARGOS, buscando mayor rendimiento en la máquina y por ende en ambas empresas, y que de ser necesario se aplicaría a todas las montacargas no convencional Moffett, operantes en el valle de aburra.

3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Modificar la estructura de una montacargas no convencional Moffett.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar soportes laterales, los cuales no obstruyan el funcionamiento ideal de la máquina y que generen estabilidad en los brazos laterales.
- Buscar el material adecuado el cual cumpla las características necesarias para para este trabajo.

4. REFERENTES TEÓRICOS.

4.1 CARRETILLAS ELEVADORAS MOFFETTS

Estas carretillas normalmente están montadas en la parte posterior de un camión o en su plataforma, desde donde pueden desmontarse en menos de un minuto. De esta manera es posible descargar la mercancía y llevarla al lugar de destino en una variedad de condiciones. En comparación con carretillas elevadoras convencionales para la industria, las carretillas elevadoras montadas en camiones son más livianas y más ágiles, lo que permite su uso en sitios donde la accesibilidad representa un reto, como por ejemplo en obras de construcción. La gama de carretillas elevadoras montadas en camiones ofrece capacidades de hasta 3,5 toneladas¹.

Figura 1. Modo de transporte carretilla elevadora MOFFETT



1. Tomado de: <http://www.hiab.es/Productos/Carretillas-Elevadoras-Transportables/>

La Moffett es una carretilla elevadora de tres ruedas no equilibrada que se puede transportar en la parte trasera del tráiler de un camión o remolque, su radio de giro rápido y su dirección de rueda trasera la hacen extremadamente maniobrable en espacios reducidos.

A diferencia de otras carretillas elevadoras convencionales esta no cuenta con un contrapeso en la parte trasera, en su lugar utiliza su propio peso para contrarrestar el peso de la carga.

Normalmente el punto de apoyo delantero para la maquina se coloca debajo de la rueda delantera, al bajar los estabilizadores, este punto de apoyo se mueven adelante con el mástil extendido lo que permite que el peso de las horquillas contrarreste la capacidad para ser elevado, una vez que la carga ha sido recogida cuando el mástil se repliega trayendo las carga dentro del armazón de la carretilla elevadora, en este momento los estabilizadores se pueden levantar y la maquina puede transitar con la carga.

Esta carretilla elevadora cuenta con un sistema de tracción hidráulica, que es alimentado por una bomba 65 litros por minuto de caudal constante, con un distribuidor V80, la bomba hidráulica es movida por un motor diésel de combustión interna kubota, con alimentación de combustible por una bomba lineal, los modelos nuevos vienen con un sistema de alimentación de aire por medio de turbo- cargador.²

Figura 2. Carretilla elevadora MOFFETT



² Tomado de: <http://www.hiab.es/Productos/Carretillas-Elevadoras-Transportables/>

Información técnica

- Capacidad de elevación máxima 2500 Kg
- Ruedas de tracción 3 Ruedas Multidireccionales
- Peso sin carga 3410 Kg
- Saliente 1475 mm
- Altura de elevación 3040 mm
- Distancia al suelo 230 m

4.2 MONTACARGA

Es un vehículo contrapesado en su parte trasera, que mediante dos horquillas puede transportar y apilar cargas generalmente montadas sobre tarimas o palés.

Historia del montacargas El primer prototipo de montacargas fue creado por Waterman en 1851. Se trataba de una plataforma unida a un cable. Este modelo inspiró a Otis a inventar el ascensor, un elevador con un sistema dentado, que permitía amortiguar la caída del mismo en caso de que se cortara su cable.

Tiene dos barras paralelas planas en su parte frontal, llamadas «horquillas», montadas sobre un soporte unido a un mástil de elevación para la manipulación de las tarimas. Las ruedas traseras son orientables para facilitar la maniobra de conducción y recoger las tarimas o palés.³

³ Tomado de: <http://autoescuelatajinaste.wix.com/autoescuelatajinaste#!video-carretilla-elevadora/c1csk>

Figura 3. Montacargas convencional



Es de uso rudo e industrial, y se utiliza en almacenes y tiendas de autoservicio para transportar tarimas o palés con mercancías y acomodarlas en estanterías o racks. Aguanta cargas pesadas que ningún grupo de personas podría soportar por sí misma, y ahorra horas de trabajo pues se traslada un peso considerable de una sola vez en lugar de ir dividiendo el contenido de las tarimas por partes o secciones. Su uso requiere una cierta capacitación y los gobiernos de distintos países exigen a los negocios que sus empleados tramiten licencias especiales para su manejo.⁴

- Es un vehículo pesado de acero u otro metal, que está elaborados con una plataforma que se desliza por una guía lateral o vertical rígida o bien por dos guías rígidas paralelas.
- Puede ser movido por distintos tipos de motores:
- Motor diésel
- Motor eléctrico
- Motor de combustión interna accionado por GNC (gas natural comprimido).
- Motor de combustión interna accionado por GLP (gas licuado de petróleo).

⁴ Tomado de: <http://www.uv.es/uvweb/institut-universitario-investigacion-robotica-tecnologias-informacion-comunicacion-IRTIC/es/grupos-investigacion/lsym/proyectos/simulador-carretilla-elevadora-1285895484292/ProjecteInves.html?id=1285898449796>

- Los motores de tipo diésel son sensiblemente más contaminantes, especialmente cuando no dispone de elementos de purificación de partículas. Sin embargo, una carretilla de gas natural comprimido produce combustiones mucho más limpias y posee una autonomía mayor que las eléctricas, el depósito se vuelve a llenar en tres minutos, siempre en función de la cilindrada del motor, del régimen de trabajo y del volumen del depósito de gas comprimido.
- Generalmente, estos vehículos no se pueden utilizar en sitios cerrados (como almacenes y centros de distribución, donde las emisiones deben tenerse en cuenta).
- Los costes de mantenimiento, por norma general, son mucho más económicos en un vehículo eléctrico, pues existen menos elementos de desgaste como filtros, aceites y correas, por citar algunos. La vida útil de la batería viene dada como norma general a partir de 1500 ciclos de trabajo. Además, las últimas tecnologías en materia de propulsión a partir de motores de accionamiento basados en corrientes alternas trifásicas, minimizan todavía más los costes frente a los tradicionales motores DC.²

4.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS

El sistema hidráulico trabaja en base al principio de fluido a presión forzando la acción mecánica. A uno de estos sistemas instalado en una máquina se le llama "circuito hidráulico". Estos circuitos están compuestos de una bomba para comprimir el fluido, líneas para llevarlo, un cilindro donde se bombea el líquido y un pistón movido por el mismo a presión en el cilindro. El sistema hidráulico también puede accionar ejes para motores hidráulicos y cintas transportadoras.⁵

Los sistemas hidráulicos se instalan para hacer el trabajo pesado en una gran variedad de vehículos y maquinaria de producción. El fluido hidráulico a presión

⁵ Tomado de: http://www.ehowenespanol.com/definicion-sistemas-hidraulicos-neumaticos-sobre_165072/

puede soportar enormes cargas y circuitos relativamente pequeños pueden levantar y mover muchas toneladas de material. Este sistema se utiliza también para las máquinas de hacer trabajos de estampado, prensado y laminado, como en una fábrica de acero o planta de fabricación. Los circuitos hidráulicos también se utilizan en los automóviles, camiones y aviones para accionar varios sistemas, tales como frenos, ascensores y superficies de control (flaps).

Figura 4. Componentes de un sistema hidráulico.



4.4 SOPORTES METÁLICOS (PIE AMIGO)

El empleo del acero en las estructuras industriales tiene una serie de ventajas sobre otros materiales que hace que las estructuras metálicas monopolicen la construcción de naves industriales. A continuación se enumeran algunas de sus propiedades más destacadas:

- Las estructuras metálicas, al tomar grandes deformaciones, antes de producirse el fallo definitivo “avisan”.

- El material es homogéneo y la posibilidad de fallos humanos es mucho más reducida que en estructuras construidas con otros materiales. Lo que permite realizar diseños más ajustados, y por tanto más económicos.
- Ocupan poco espacio. Los soportes molestan muy poco, para efectos de la distribución interior, por lo que se obtiene buena rentabilidad a toda la superficie construida. Los cantos de las vigas son reducidos y los anchos aún son menores. En general las estructuras metálicas pesan poco y tienen elevada resistencia.
- Las estructuras metálicas no sufren fenómenos reológicos que, salvo de formaciones térmicas, deban tenerse en cuenta. Conservan indefinidamente sus excelentes propiedades.
- Estas estructuras admiten reformas, por lo que las necesidades y los usos pueden variar, adaptándose con facilidad a las nuevas circunstancias. Su refuerzo, en general, es sencillo.
- Las estructuras metálicas se construyen de forma rápida, ya que al ser elementos prefabricados, en parte, pueden montarse en taller. Asimismo tienen resistencia completa desde el instante de su colocación en obra.
- Al demolerlas todavía conserva el valor residual del material, ya que este es recuperable.⁶

Si bien, también presentan algunas desventajas que obligan a tener ciertas precauciones al emplearlas. Las principales son:

- Son necesarios dispositivos adicionales para conseguir la rigidez (diagonales, nudos rígidos, pantallas, etc.)
- La elevada resistencia del material origina problemas de esbeltez.

⁶ Tomado de : http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/PFC_Marta_Perez_Rodriguez.pdf?sequence=1

- Es necesario proteger las estructuras metálicas de la corrosión y del fuego.
- El resultado de las uniones soldadas es dudoso, especialmente en piezas trabajando a tracción. (Defectos: falta de penetración, falta de fusión, poros y oclusiones, grietas, mordeduras, picaduras desbordamientos)
- Excesiva flexibilidad, lo que produce un desaprovechamiento de la resistencia mecánica al limitar las flechas, y produce falta de confort al transmitir las vibraciones.
- Debido a las importantes ventajas que presentan las estructuras metálicas, en lo que sigue centraremos nuestro estudio en este tipo de construcciones.

4.4.1 ACERO

Los metales que se emplean en estructuras metálicas son principalmente el acero ordinario, el acero autopatinable, el acero inoxidable y el aluminio.

El acero es el material estructural por excelencia para grandes alturas, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.⁷

⁷ Tomado de: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/PFC_Marta_Perez_Rodriguez.pdf?sequence=1

El acero ordinario es el más empleado y existen los siguientes tipos (según la norma EN 10027):

S235JR S235J0 S235J2

S275JR S275J0 S275J2

S355JR S355J0 S355J2

La primera sigla es una "S" (de Steel acero en lengua inglesa)

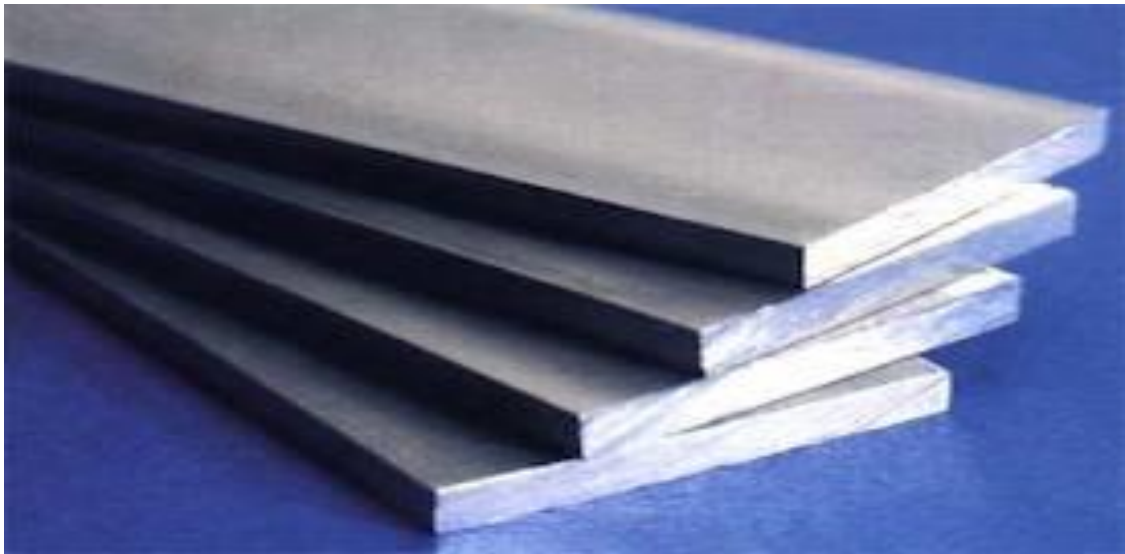
La siguiente cantidad numérica es el límite elástico en MPa, en elementos cuyo espesor no supere los 16 mm. En espesores superiores la resistencia de cálculo es menor.

Las últimas siglas indican su sensibilidad a la rotura frágil y su soldabilidad:

- JR para construcciones ordinarias.
- J0 cuando se requiere alta soldabilidad y resistencia a la rotura frágil.
- J2 cuando se requiere exigencias especiales de resiliencia, resistencia a la rotura frágil y soldabilidad.⁸

⁸ Tomado de: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/PFC_Marta_Perez_Rodriguez.pdf?sequence=1

Figura 5. Acero 1020.



4.4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ACERO.

Los valores fundamentales para el diseño de las piezas de acero son:

- a) El límite elástico. El límite elástico es la carga unitaria para la que se inicia el escalón de cedencia, es decir a partir del cual las deformaciones no son recuperables.
- b) El límite de rotura. El límite de rotura es la carga unitaria máxima soportada por el acero en el ensayo de tracción.⁹

4.5 PROCESO DE SOLDADURA MIG MAG.

En este procedimiento se establece el arco eléctrico entre el electrodo consumible protegido y la pieza a soldar. La protección del proceso recae sobre

Tomado de: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/PFC_Marta_Perez_Rodriguez.pdf?sequence=1

un gas, que puede ser inerte, o sea que no participa en la reacción de la soldadura, dando lugar al llamado procedimiento de soldadura MIG (Metal Inert Gas); o por el contrario el gas utilizado es activo, que participa de forma activa en la soldadura, dando lugar al llamado procedimiento MAG (*Metal Active Gas*).

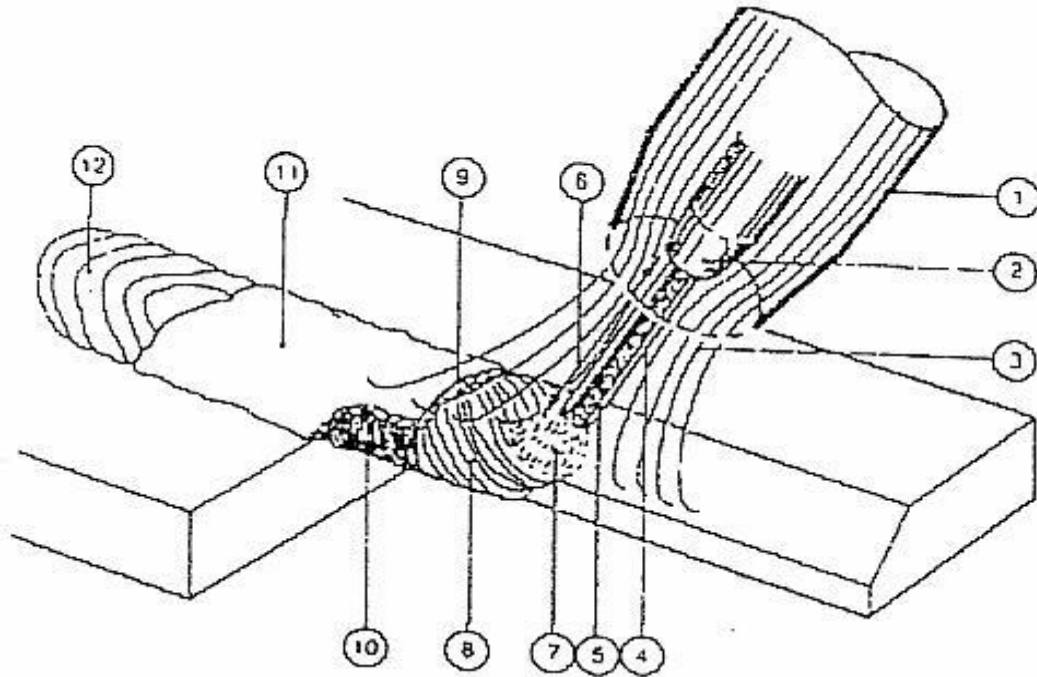
El empleo del procedimiento MIG-MAG se hace cada vez más frecuente en el sector industrial, debido a su alta productividad y facilidad de automatización. La flexibilidad es otro aspecto importante que hace que este procedimiento sea muy empleado, dado que permite soldar aceros de baja aleación, aceros inoxidables, aluminio y cobre, en espesores a partir de los 0,5 mm y en todas las posiciones. La protección por gas garantiza un cordón de soldadura continuo y uniforme, además de libre de impurezas y escorias. Además, la soldadura MIG / MAG es un método limpio y compatible con todas las medidas de protección para el medio ambiente.

A continuación se definen los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento:

- Fuente de calor: por arco eléctrico;
- Tipo de electrodo: consumible;
- Tipo de protección: por gas inerte (MIG); por gas activo (MAG);
- Material de aportación: externa mediante el mismo electrodo que se va consumiendo;
- Aplicaciones: el procedimiento MAG se aplica a los aceros, mientras que el procedimiento MIG para el resto de metales.¹⁰

¹⁰ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Figura 6. Componentes proceso de soldadura MIG.



:

1.-Boquilla; 2.-Tubo de contacto; 3.-Gas de protección; 4.-Varilla (sólida o tubular); 5.-Flux en caso de varilla tubular; 6.-Longitud libre de varilla (stik-out); 7.-Transferencia del metal aportado; 8.-Baño de soldeo y escoria líquida; 9.-Escoria sólida protegiendo al baño de fusión; 10.-Metal depositado; 11.-Escoria solidificada; 12.-Metal de soldadura solidificado libre de escoria.

La soldadura mediante procedimiento MIG-MAG tiene ciertas ventajas frente al método del electrodo revestido, entre ellas que el soldador no tiene que cambiar de electrodo usando el procedimiento MIG-MAG, por lo que se elimina la formación de cráteres a lo largo del cordón, muy típicos en los puntos donde se cambia de electrodos y hay que cebar de nuevo el arco.

Por otro lado, como inconveniente está que son más los parámetros a regular mediante el procedimiento MIG-MAG, que son, entre otros, la velocidad de alimentación del hilo, su diámetro, el voltaje, el caudal de salida del gas,

mientras que para el caso de uso de electrodos revestidos eran sólo la intensidad de corriente y el diámetro del electrodo.

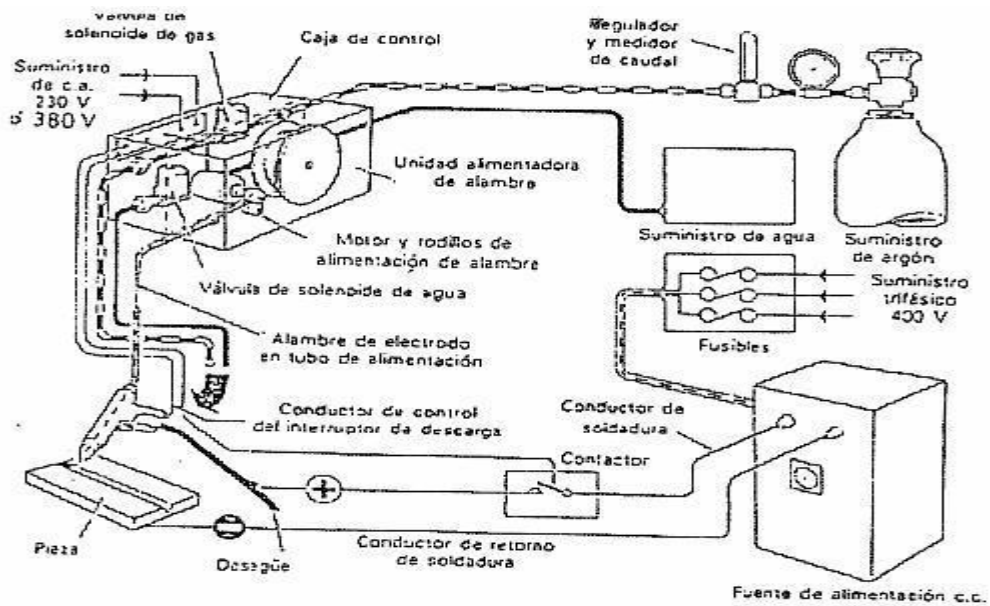
Equipamiento

Para llevar a cabo la soldadura mediante el procedimiento MIG-MAG es necesario el siguiente equipo básico:

- Generador de corriente CC;
- Cilindro de gases;
- Unidad de alimentación de hilo;
- Pistola de soldadura;
- Circuito de refrigeración;
- Órganos de control;¹¹

¹¹ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Figura 7. Componentes equipo de soldadura MIG.



Del anterior esquema se deduce que la movilidad de la pistola porta-electrodos para el procedimiento MIG-MAG es menor y más complicada que para otros métodos.

Material de aporte

Como material de aporte, este procedimiento utiliza hilos que pueden ser macizos o tubulares. Estos se suministran enrollados en bobinas y recubiertos de cobre.¹²

¹² Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

El hecho de recubrir los hilos de electrodos con cobre se realiza para conseguir los siguientes objetivos:

- favorecer el contacto eléctrico;
- disminuir los rozamientos;
- obtener protección contra la corrosión.

En cuanto a su composición química, va a depender del tipo de gas de protección. Por ejemplo, con argón en MIG se usa un hilo macizo, mientras que si se usa CO₂ en MAG se emplea hilo tubular.

Para el caso de hilos tubulares, el material de relleno o FLUX puede ser básico (T5) o de rutilo (T1).

Gases de protección

El empleo de un tipo de gas u otro va a influir en aspectos tales como:

- energía aportada;
- tipo de transferencia del material al baño;
- penetración del cordón;
- velocidad de soldeo;
- aspecto final del cordón;
- proyecciones y salpicaduras.

A continuación se va a repasar brevemente las propiedades de cada gas de protección utilizado, según el tipo de procedimiento.¹³

¹³Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Procedimiento MIG:

a) Argón (Ar)

El empleo de este gas bajo procedimiento MIG repercute en crear una buena estabilidad del arco, debido al bajo potencial de ionización que genera.

Es idóneo para soldar piezas de espesores pequeños.

Este gas **no** se usa para soldar aceros dado que el baño que origina tiene poca fluidez y con tendencia a formar poros, a la vez que mordeduras a ambos lados del cordón.

En cuanto a la forma de llevar a cabo la transferencia del material de aporte, es mediante cortocircuito o en "spray".

b) Mezcla de argón y oxígeno (Ar al 98% + O₂ al 2%)

Si se utiliza esta mezcla mejora la fluidez del baño, a la vez que la penetración de la soldadura.

Esta solución sí es apta para la soldadura de aceros inoxidable, aunque hay que prestar especial atención a la porosidad que pudiera generarse.

c) Helio (He)

Es un tipo de gas de elevada conductividad, a la vez que genera poca penetración de soldeo y cordones anchos.

Es un tipo de gas poco utilizado en Europa.¹⁴

¹⁴ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Procedimiento MAG:

a) Anhídrido carbónico (CO₂)

Es un gas que es más barato que otros empleados en soldadura como el argón. No obstante origina peligro de formación de hielo, por lo que requiere el uso de calentadores.

Genera un arco muy enérgico, que consigue mayor penetración, a la vez que origina mayor cantidad de proyecciones y salpicaduras. El aspecto final del cordón suele ser rugoso.

Como material de aporte se utiliza con hilos que contienen composición alta de Si y Mn, realizándose la transferencia de material en cortocircuito.

Su uso se restringe al acero, consiguiéndose mejorar la penetración.

Especial atención y cuidado requiere la atmósfera con alto contenido en CO (gas tóxico) que genera, por lo que se requiere disponer de extractores en los lugares de soldeos para renovar el aire.

b) Mezcla de argón y anhídrido carbónico (Ar al 80% + CO₂ al 20%)

Cuando se utiliza esta mezcla en soldadura MAG se generan pocas proyecciones en el cordón y mayor tasa de productividad.

El aspecto final de los cordones es muy bueno, siendo buenas las características mecánicas del metal depositado.

Este tipo de gas permite una mayor facilidad de reglaje de los parámetros de soldeo.

Por otro lado, este gas es de precio más caro, a la vez que hay que cuidar que no se produzca estratificación en las botellas de suministro.¹⁵

¹⁵ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Tipo de corriente eléctrica

Para la soldadura MIG-MAG siempre habrá que emplear la corriente continua (CC). No se recomienda emplear la polaridad directa, debido a que origina un arco poco estable que favorece el rechazo de la gota fundida.

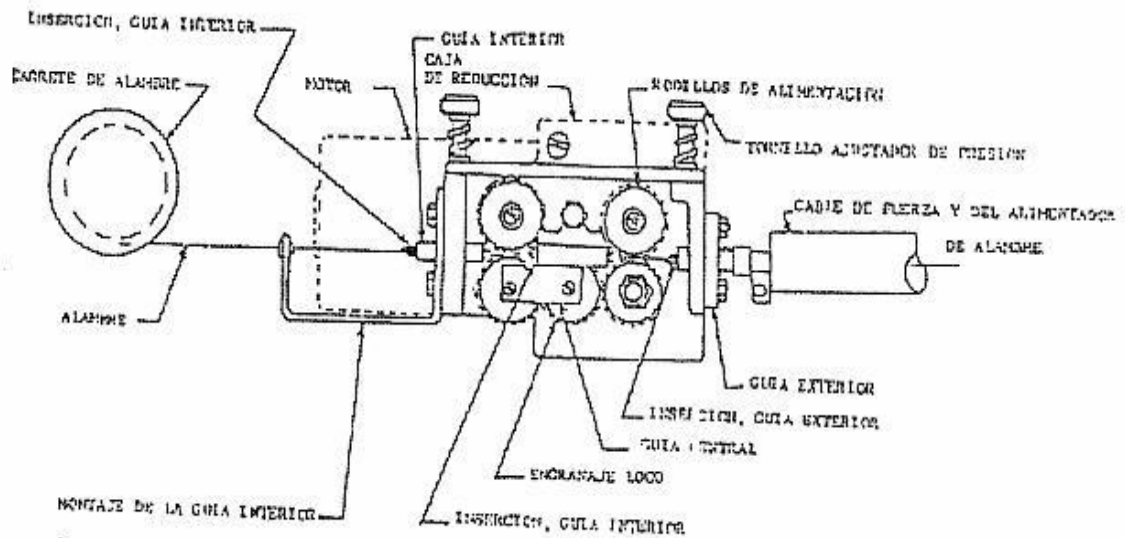
Las fuentes de corrientes que se empleen deben presentar una característica estática ligeramente descendente. En estos equipos el voltaje (V) que se establece en el arco es prácticamente constante, gracias al proceso de autorregulación que van equipados. Esto supone que la velocidad de alimentación del hilo, que es un parámetro a regular, será proporcional a la intensidad de corriente que se precisa para fundirlo, de manera que la distancia electrodo pieza se mantenga constante y así también el voltaje aplicado.

Alimentador de hilo

Existen diferentes tipos de rodillos de arrastres que pueden ser utilizados. Los que son moleteados se emplean cuando el hilo de aporte resulta más duro (por ejemplo, de acero)¹⁶

¹⁶ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

Figura 8. Componentes de alimentador de hilo de equipo de soldadura MIG.



Toberas

Normalmente estas toberas tienen un diámetro de 15 mm, y se prolongan una distancia de unos 6 mm más allá del tubo de contacto.

No obstante, resulta conveniente disponer de toberas de diferentes longitudes, según el tipo de trabajo a realizar.¹⁷

Modos de transferencia

Por spray ("spray transfer")

Mediante este modo de transferencia de material, las gotas, que generalmente serán de pequeño diámetro, se depositan en el baño siguiendo la dirección del hilo.

Es un modo de transferencia típico de los arcos estables y baños de fusión muy calientes.

¹⁷ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

El resultado que deja es un cordón de aspecto liso y con escasas proyecciones, estando caracterizado por una penetración muy marcada en el centro.

Cuando se produce este tipo de transferencia resulta difícil el control del baño, salvo cuando se suelda en posición horizontal.

El modo de transferencia por spray normalmente se produce cuando se utiliza como gas argón (Ar), puro o en mezclas ricas en argón.

Para que se produzca este tipo de transferencia es necesario emplear tensiones elevadas (>28 V), originándose en el proceso un zumbido característico.¹⁸

¹⁸ Tomado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

5. METODOLOGÍA

5.1 PROCEDIMIENTO

- Hacer pruebas de manejo del equipo con su carga máxima y tener exactitud del causante del problema y aún más de la solución.
- Obtener información más a fondo sobre materiales y procesos de soldadura
- Organizar materiales y herramientas para realizar el desmontaje del mástil, desconexión de mangueras, desarme de tapas y gatos estabilizadores.
- Después de tener todo lo anterior listo, proceder a realizar el trabajo, calculando todo lo que se debe hacer se calculan 4 días de 8 horas laborales para dejarlo listo, en este paso en el que entramos a hacer los cortes de soportes originales y empezar a hacer el montaje de los soportes que se estudiaron para evitar el problema ocasionado.
- Hacer pruebas del resultado con su carga máxima y en condiciones extremas para ver si nuestro proyecto en esta modificación ha servido, dando así por terminado este.

5.2 TIPO DE PROYECTO

Modificación en la estructura de montacarga no convencional Moffett (experimental).

Este proyecto se hace para suplir una necesidad de dos empresas, NIKE COLOMBIANA S.A. Y ARGOS, la primera como proveedores de servicio de alquiler de estos equipos y la segunda como cliente final, la cual utiliza estos equipos para su logística en terrenos difíciles, (obras de construcción) la solución de esta necesidad es la modificación en su estructura instalando unos soportes de mayor espesor y tamaño.

5.3 PLAN DE TRABAJO

- Organizar con nuestro jefe inmediato que programe con el jefe de logística de ARGOS para que nos faciliten este equipo,
- Obtener el espacio en el taller y la herramienta necesaria para no tener paros en este trabajo
- Hablar con nuestro proveedor de material para que nos tenga los soportes que se mandaron a fabricar a tiempo.
- Teniendo todo lo anterior listo se procederá a hacer el desarme del mástil y gatos estabilizadores, desconectar mangueras y proceder al corte y pulida de soportes laterales.
- Montaje de soportes laterales nuevos, se procede a medir para la instalación de estos.
- Se procede a colocar los soportes con 4 puntos de soldadura cada uno, y cerrar los brazos laterales hasta llegar a su medida ideal.
- Iniciar el proceso de soldadura mig para sujeción fija de estos.
- Después de dejar enfriar la soldadura proceder a armar el mástil, gatos estabilizadores y conexiones de mangueras.
- Por ultimo hacer una prueba con el equipo a su máxima capacidad de carga y maniobrar en cuestas, para así ver el resultado y ver si sirve.

5.4 POBLACIÓN

Este proyecto va dirigido principalmente a dos grandes empresas del sector, en primer estancia a ARGOS quien utiliza estos equipos en su logística para la entrega de cemento y a NIKE COLOMBIANA S.A. proveedor y dueños de estos equipos, la idea de este es no terminar con un negocio que lleva más de 6 años entre estas dos, si no, al contrario afianzar más su vínculos comerciales.

Este proyecto se hace en un equipo situado en la ciudad de Medellín departamento de Antioquia, ciudad principal del valle de aburra, y este será utilizado como prototipo, de funcionar adecuadamente como se tiene

calculado se llevara a cabo a otros 7 equipos que se encuentran en Medellín y este mismo proceso en otras ciudades de Colombia, como Bogotá, Cali Barranquilla, Cartagena, Pereira y Villavicencio, ciudades en donde también se encuentran estos equipos operando, teniendo en cuenta que ninguna de estas anteriormente mencionadas tienen una geografía tan montañosa como Medellín y hasta hora no se ha presentado los problemas que se han presentado aquí por lo cual es la causa de este proyecto.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

6.1 ORIGEN DE LA IDEA.

La idea de este proyecto surgió de varias reuniones que se tuvieron entre estas dos empresas ya mencionadas anteriormente, se hacían pruebas de manejo del equipo con su capacidad de carga al máximo y se observaba el funcionamiento de este, con ayuda de un operario empleado de Imbocar empresa que se desempeña como agente logístico de Argos, el cuál no explico en qué condiciones forzaba el equipo y provocaba la apertura de su chasis en la parte delantera, y es en el descargue del cemento en pendientes, al levantar la estiba de cemento de 2 toneladas de peso en una pendiente todo el peso se inclinaba hacia la parte más baja de la pendiente, creando así deformación de la estructura del equipo. Ya teniendo esta información se llegó a tres conclusiones viables para poder impedir el daño del equipo y disminuir notoriamente la vida útil del equipo, que fueron

1. “Importar equipos con mayor capacidad de carga, más grandes y por ende más reforzados”.

No se tomó en cuenta porque al ser más grandes eran más incómodas de maniobrar en terrenos tan estrechos como los son las bodegas de almacenamiento de cemento en obras de construcción, otro punto que no ayudo a aceptar esta propuesta es que al traer equipos de mayor capacidad aumentaría también el canon de arrendamiento del equipo, por lo cual se descartó prácticamente al instante.

2. “no hacer descargues de cemento con el equipo en pendientes”.

La idea gusto, porque era más factible que la anterior, por los gerentes de ambas empresas no tuvieron inconvenientes, luego de dar ese comunicado a los operarios de estos equipos y al encargado de logística de ARGOS no fue lo mismo, argumentando que en casi todas las obras en las que estaban

descargando cemento se tenía que descargar en pendientes, por lo que dijo que de ser así era mejor descargar el cemento manual.

3. “hacer una modificación en la estructura de los equipos con la cual quedara más reforzada con unos refuerzos (pieamigos) de mayor tamaño y grosor prolongando la vida útil del equipo”.

Después de varias reuniones definiendo tiempo de entregas, costos y quien los iba a asumir se definió que esta era la mejor solución y la más viable.

Al tener ya una solución hipotética de este problema se empezó a calcular costos de materiales y tiempo de manufactura, por lo que necesitábamos saber de qué dimensiones debían ser los nuevos refuerzos, que material, que herramienta, que espacio, cuantos días de trabajo, tipo de soldadura entre otros.

Después de estos cálculos se organizaron visitas a obras en donde a diario maniobran estos equipos y corroborar información dada por los operarios, detectar la causa principal de la apertura del chasis, en un par de vistas, una en un terreno plano en donde se hicieron pruebas y el equipo funciono en perfectas condiciones, solo se afecta esta parte que se pretende reparar cuando se descarga la estiba del primer tendido en el momento de ecualizar la torre hacia un lado, pero esto se solucionó con una inducción de manejo, estas inducciones se dan cada seis meses, teórica-practicas.

En la segunda visita a otra obra se escogió una que el descargue fuera en una pendiente, y efectivamente en el momento de descargar en una pendiente la estiba con 2 toneladas de peso, se inclina todo el peso hacia la parte baja de la pendiente forzando el mástil de una forma que este empieza a torcerse y por ende empezar a abrir el chasis, en la máquina que se le hizo la prueba es nueva y se le alcanzaba a ver el desgaste, lógicamente en unas repetidas ocasiones de descargue en pendientes se va a volver el desgaste prematuro en la apertura del chasis y por ende deteriorar las roldanas que se desplazan por los rieles del chasis, no sobra decir que estos equipos son importados y los repuestos originales bastante costosos y lo peor es que no

se consiguen y toca mandar a fabricarlas o esperar la importación por lo que el mantenimiento preventivo es primordial en la logística del taller.

6.2 DESARROLLO DE LA IDEA.

Teniendo una idea concreta del problema a solucionar como lo muestra en la figura que es la apertura del chasis y que sobresalgan las roldanas y haya un desgaste prematuro de estas piezas.

Anexo 1. Chasis abierto de Moffett.



El paso a seguir es el desarme del mástil y todas las partes que nos obstaculizaran o impidieran la extracción de este del chasis, como son los gatos estabilizadores y todas las conexiones de mangueras de los diferentes cilindros y motores hidráulicos, marcando todos los racores y piezas para que al armar sea más fácil y evitar contratiempos.

Anexo 2. Desconexión de mangueras.



Anexo 3. Desarme de gato estabilizador y tapas protectoras.



Para poder extraer el mástil del chasis hay que desconectar 26 mangueras, 2 cilindros estabilizadores, 2 cilindros de movimiento de mástil y dos tapas de protección de motores hidráulicos, en el momento de sostener el mástil con la

otra moffett debe ser sujeta con eslingas para sostenerla por lo que el mástil no se puede sostener solo con las horquillas como se puede apreciar en la siguiente figura.

Anexo 4. Desconexión total mangueras mástil.



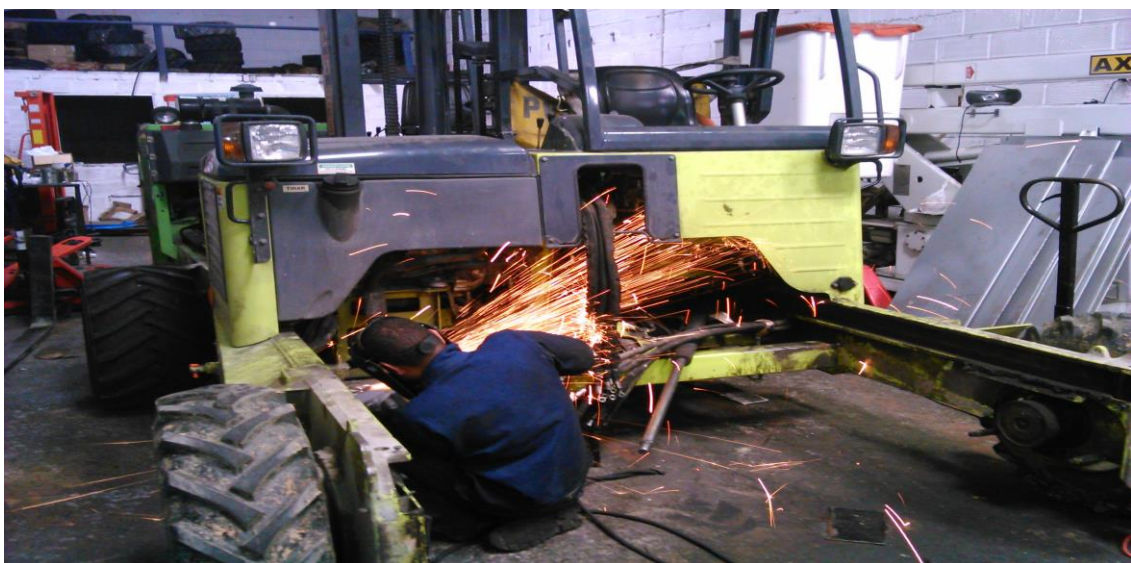
Inmediatamente se desconectan las mangueras hay que colocar tapones en todas las mangueras para evitar el derramamiento de aceite hidráulico por todos lados, mientras se instalan estos sellos se colocan recipientes para controlar el reguero como podemos apreciar en la figura anterior.

Anexo 5. Extracción del mástil



Para poder extraer el mástil del chasis utilizamos otra Moffett, ya teniendo el mástil fuera del chasis teníamos campo para trabajar en lo que es la reforma en la estructura, para empezar cortamos los soportes (pieamigos) con pulidora de 6 pulgadas para no calentar mucho el material y no provocar deformaciones en la estructura como se muestra en la figura.

Anexo 6. Corte con pulidora de soportes originales.



Al cortar estos soportes procedemos a tomar medidas y revisar de que material eran los soportes (pieamigos) por lo cual nos desplazamos a FERROCORTES y por medio de una prueba de chispa que llaman allá se determina que es de un acero SAE 1020 sin ningún tratamiento térmico, por lo cual concluimos que si los soportes anteriores en forma de triángulo tienen las siguientes dimensiones de largo 38cm, de ancho 20cm, en lamina de 3/16 de pulgada, teniendo esta información se decide trabajar con el mismo acero pero con unas dimensiones mayores, el único punto que nos colocaba en duda era el ancho de este, por lo que perdía maniobrabilidad del cemento en caso de que fuera muy ancho, por lo que se tomaron las medidas de una estiba normal con la que trabajan la cual es de 120cm x 100cm e hicimos los movimientos ecualizadores del mástil, lo cual nos llevó a la conclusión de mandar a fabricar a LAMINAS Y DOBLEZ 2 soportes (pieamigos) de 26cm de ancho x 52cm de largo en lamina de 5/16, con un dobléz en la hipotenusa de 3cm, para que nos sirva de templete.

Anexo 7. Soportes laterales a instalar.



Teniendo el material se procede a llevar el Moffett al alcance del equipo de soldadura, como el taller es un poco estrecho pero largo nos obliga a desplazar

el Moffett hasta el equipo para empezar a proceder con la unión de los soportes (pieamigos) al chasis de la Moffett.

Anexo 8. Transporte de Moffett a proceso de soldadura.



Para poder iniciar con la aplicación de soldadura necesitamos primero tomar medidas de la parte inicial del chasis 164cm y parte final del chasis 168cm, entonces toca cerrar la parte final con el polipasto para que quede de igual medida y así poder soldar para que no se vuelva a abrir.

Anexo 9. Uso polipasto para cerrar el chasis.



Antes de instalar los soportes (pieamigos) tuvimos que desconectar la batería para evitar un desgaste prematuro en esta o el daño permanente de esta y se tuvo que pulir muy bien la pintura y el cemento pegado que interfiere en el proceso de soldadura.

Este proceso se va a aplicar con un equipo de soldadura Mig, con un voltaje de 27V y 0.35 salida de cable, en un equipo STAR WELDING brasilero trifásico 300A.

El cordón se debe aplicar con oscilaciones en media luna para mayor penetración, desplazamiento de derecha a izquierda sin dejar socavón y apoyándose en el chasis que tiene mayor espesor.

ANEXO 10. Proceso de soldadura.



Como se puede apreciar en la figura el proceso de soldadura se hace en medio del polipasto haciendo fuerza en el chasis en la parte final para que ejerza fuerza hasta que la soldadura sea aplicada y enfriada por temperatura ambiente para evitar de nuevo otra apertura inesperada.

Después de esperar que la soldadura se enfríe se suelta el polipasto y de nuevo se tomó medidas para confirmar que el cerrado del chasis en la parte final y nos dimos de cuenta que quedó la medida perfecta, es decir la medida inicial y la medida final son la misma 164cm, de igual manera con esta medida podemos apreciar que se le da una tolerancia para que las roldanas puedan desplazarse y tenga forma de lubricación entre estos y los rieles.

Se revisa la soldadura que no esté sin poros y sin socavón, se pule con una grata para revisar más a fondo y minuciosamente la soldadura y esta se encuentra muy bien aplicada como se puede apreciar en las siguientes figuras.

Anexo 11. Limpieza y revisión de soldaduras.



Anexo 12. Vista de soportes instalados con soldadura.



Terminando ya este proceso de soldadura y ver que todo quedo a medida se emplea de nuevo la manera de armar, de nuevo necesitamos la Moffett para poder levantar el mástil.

Anexo13. Mástil desarmado



En el momento de levantarla para armar de nuevo el mástil hay que tener mucho cuidado, por lo que como ya el mástil quedo más ajustado al entrar al

chasis y se pueden presentar roturas o torceduras en piezas de este, como son roldanas, topes, cilindros estabilizadores y mangueras.

Al hacer este montaje se emplea de nuevo la ayuda de otra Moffett como lo había dicho anteriormente y después de levantarla toca que amararla la torre de la torre de la Moffett para poder nivelarla y hacer que el montaje sea mucho más cómodo, al hacer el montaje se nos presentaron muchos inconvenientes porque no teníamos este conocimiento de hacer este amarre con eslingas de 2 toneladas.

Anexo 14. Montaje de mástil.



Ya montando de nuevo el mástil al chasis del equipo pasamos a las conexiones de las mangueras que como anteriormente dijimos que se habían marcado queda mucho más fácil y las montamos en media hora, la conexión de 26 mangueras hidráulicas, se conecta de nuevo la batería, se arman los gatos estabilizadores y todo lo que nos interfirió para el desmontaje, en la instalación de todo esto nos demoramos cerca de 6 horas, pero al final del día logramos armar de nuevo el equipo, procedemos a la nivelación de aceite hidráulico y luego al encendido de la Moffett para poder probar como nos quedó el trabajo.

Al darle encendido a la maquina se nos dificulto un poco por lo que llevaba varios días sin prenderlo, luego de este pequeño inconveniente lo logramos encender y proceder a lubricar para después revisar cómo nos quedó el trabajo que se realizó en cerca de 5 días laborales de 8 y 9 horas diaria.

Dando gracias a Dios quedo a la medida que necesitábamos y por medio de las siguientes figuras demostramos las diferencias entre el antes y el después de este trabajo viendo los resultados aparentes de nuestro proyecto.

En estas figuras vemos claramente la diferencia entre el antes y después del trabajo realizado, lo cual vemos con satisfacción por lo que hicimos con tanto esfuerzo y sacrificio.

Anexo 15. Resultado del trabajo realizado al chasis.



Anexo 16. Pruebas de desplazamiento del mástil.



Ya teniendo el equipo totalmente armado procedemos a probarlo y a desplazar el mástil sobre los rieles una y otra vez para revisar que haya quedado bien y que la grasa se expanda por toda la superficie por donde se desplazan las roldanas.

Ya para concluir terminamos con hacerle entrega del equipo a nuestro jefe superior el señor Andres Zuleta encargado de la parte comercial de la empresa sede Medellín, el cual revisa el trabajo y nos da su visto bueno, lo que nos hace llamar al operario del equipo y se le explica el trabajo realizado y los cuidados que debe tener para prolongar la vida útil de este y se le explica que aunque la máquina quedo reforzada hay que tener precauciones para que no nos suceda lo mismo.

Después de estas aclaraciones se hace entrega oficial del equipo a CEMENTOS ARGOS el primer prototipo de trabajo en el valle de aburra para hacerles pruebas y en tres meses revisar si el trabajo fue exitoso y se puede aplicar a todas las Moffetts a nivel nacional.

Anexo 17. Entrega de Moffett intervenido.



7. CONCLUSIONES

El trabajo es viable en todos los sentidos, mostrando cambios visibles al momento de trabajar la máquina, se puede decir con este nuevo diseño de la máquina que:

- El diseño de los soportes laterales es ideal para contrarrestar el problema inicial de apertura del chasis de la montacarga, ya que estos no intervienen en su estructura y el material del cual fueron diseñados, presenta características adecuadas, sobresaliendo su comportamiento ante los procesos de soldadura.
- La máquina sufrió un cambio en la estructura, que no afecta para nada su sistema hidráulico, solo fue intervenida en su chasis, este cambio se refleja al momento de realizar cargues y descargues en lomas y cuestas, generando mayor confiabilidad en el momento realizar su trabajo.
- Durante el proceso de prueba, la maquina mostro un excelente comportamiento, trabajando con cargas elevadas, sin afectar su desplazamiento por los rieles del chasis y sin que estos saquen los rodillos que por ahí se transportan.

8. RECOMENDACIONES

- En el momento de realizar cualquier proceso de soldadura en un equipo que utilice baterías hay que desconectarlas para no ocasionar daños en esta y paros imprevistos en estos equipos.
- En el momento de aplicar soldadura se debe tener un conocimiento claro de los materiales a unir y también el buen manejo del equipo de amperaje para evitar el socavón.
- Para cualquier trabajo de montaje y desmontaje de partes de una máquina se debe ser muy organizado, marcar bien las piezas y tener buen control de la herramienta para evitar pérdidas de tiempos innecesarias.
- En los montajes en donde se incluyan sistemas hidráulicos hay que tener en cuenta la presurización de estos sistemas para evitar cargas de presión a los distribuidores y los depósitos de aceite.
- Siempre que se utilicen equipos para levantar cargas pesadas ser muy precavidos en el manejo de estos y regir al máximo con las medidas y advertencias de seguridad.

CIBERGRAFÍA

1. (WEB 1) ESBELTEZ

http://es.wikipedia.org/wiki/Esbeltez_mec%C3%A1nica

2. (WEB 2) HIDRAULICA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%A1ulica>

3. (WEB 3) MALACATE

<http://www.quiminet.com/articulos/los-tipos-de-malacates-y-su-aplicacion-en-la-industria-45135.htm>

4. (WEB 4) MASTIL

<http://noticias.zapler.com/?p=147>

5. (WEB 5) TOBERA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tobera>

6. (WEB 6) ACERO

http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/7572/PFC_Marta_Perez_Rodriguez.pdf?sequence=1

7. (WEB 7) MONTACARGAS

<http://www.uv.es/uvweb/institut-universitario-investigacion-robotica-tecnologias-informacion-comunicacion-IRTIC/es/grupos-investigacion/lsym/proyectos/simulador-carretilla-elevadora-1285895484292/ProjecteInves.html?id=1285898449796>

8. (WEB 8) SOLDADURA MIG

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html>

