



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Mecánico

**Determinación del consumo de material básico en el proceso de corte
con llama oxiacetilénica**

Autor: Eliecer Cuenca Montero.

**Tutore: Ing. Benigno Leyva de la Cruz
Ing. Reiler Fuentes**

Moa, 2012

“Año 54 de la Revolución”

Declaración de autoría

Yo: Eliécer Cuenca Montero

Autora de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Ing. Benigno Leyva De la cruz

Ing. Reiler Fuentes

Eliécer Cuenca Montero

Agradecimientos:

A mí familia que siempre creyó en mí y fueron ese impulso que me llevó a lograr todo lo que he logrado durante toda mi vida.

A todos mis profesores por los conocimientos transmitidos durante el desempeño de mi carrera.

A mi tutor el Ing. Benigno Leyva de la Cruz por confiar en mí en la realización de este trabajo, y de una forma muy especial a Reilis Fuentes ya que sin su supervisión y dedicación no se habría podido desarrollar este trabajo.

Dedicatoria:

Quiero dedicar este trabajo a mi mamá y a mi papá que con todo el esfuerzo del mundo han sabido propiciarme todo lo necesario para que hoy pueda ser todo un profesional.

RESUMEN

La UEB “Construcciones metálicas”, perteneciente a la Empresa Mecánica del Níquel comandante Gustavo Machín Hoed de Beche, opera bajo los requisitos presentes en las diferentes normas cubanas y normas de empresas que se tienen en cuenta a la hora de llevar a cabo la producción de artículos soldados. Sin embargo, hasta el momento no se ha realizado un trabajo consecuente que permita valorar el comportamiento del gasto del Acetileno y Oxígeno utilizados como materia prima en el proceso de corte con llama oxiacetilénica.

Debido a la necesidad de evaluar el consumo de Acetileno y Oxígeno, el presente trabajo tiene como objetivo proponer una norma de consumo de Acetileno y Oxígeno para facilitar un mejor desarrollo en los planes futuros de la empresa y de la UEB.

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizaron métodos de investigación, tanto teóricos como empíricos, entre los cuales se encuentran el análisis-síntesis, inducción-deducción, observación y matemáticos-estadísticos; se estudiaron las disposiciones relacionadas con la actividad, determinando las bases para el cálculo del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno. Estos permitieron precisar las acciones a desarrollar, que una vez puesta en práctica demuestren su valor. Los resultados de la investigación indican que el trabajo realizado con la norma de consumo permite racionalizar en un 14,10 % y 15,26% el gasto de Acetileno y Oxígeno respectivamente.

SUMMARY

The UEB "metal structures", belonging to the Mechanical Nickel Company Commander Gustavo Machin Hoed de Beche, operates under the conditions present in different Cuban norms and standards of companies that are taken into account when carrying out production Articles soldiers. However, to date there has been no subsequent work designed to assess the behavior of acetylene and oxygen expenditure used as feedstock in the process of oxyacetylene flame cutting. Due to the need to assess the consumption of acetylene and oxygen, this paper aims to propose a rule of acetylene and oxygen consumption to facilitate a better development in the future plans of the company and the UEB. To fulfill this objective research methods were used, both theoretical and empirical, among which are the analysis-synthesis, induction, deduction, and observation and mathematical-statistical studied the provisions related to the activity, determining the basis for the calculation of the acetylene and oxygen consumption. These allowed clarifying the actions to be undertaken, once implementation proves their worth. The research results indicate that the work done with the standard of consumption streamlines in a 14, 0% and 15, 26% spending acetylene and oxygen respectively.

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS	
1.1. Introducción.....	4
1.2. Reseña histórica sobre el corte con llama oxiacetilénica.....	5
1.3. Generalidades del proceso.....	7
1.3.1. Proceso de oxicorte.....	7
1.4. Herramientas del oxicorte manual.....	9
1.5. Características de los elementos de un equipo de oxicorte.....	9
1.6. La llama oxiacetilénica.....	11
1.7. Fundentes.....	12
1.8. Manejo de las herramientas del oxicorte.....	13
1.9. Calidad del corte.....	14
1.9.1. Defectos en el filo superior del corte.....	15
1.9.2. Defectos en la superficie del corte: irregularidades.....	16
1.9.3. Defectos en la superficie del corte: marcado.....	18
1.9.4. Defectos en la superficie del corte: cortes incompletos.....	19
1.9.5. Defectos por la adhesión de escoria.....	20
1.10. Base del cálculo del consumo de oxígeno de corte.....	21
1.11. Características de ejecución de los cortes.....	22
1.12. Procedimiento metodológico para realizar el cálculo estadístico del índice de consumo.....	23
1.13. Elementos del análisis estadístico.....	25
1.14. Conclusiones del capítulo 1.....	27
CAPÍTULO 2 PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSUMO	
2.1. Introducción.....	28
2.2. Caracterización de la empresa.....	28
2.3. Características de los materiales utilizados.....	30
2.4. Diseño del sistema de medición.....	31

2.5. Diseño del parámetro.....	32
2.6. Técnica de muestreo.....	32
2.6.1. Muestreo aleatorio simple.....	33
2.7. Técnica de análisis exploratorio.....	34
2.7.1. Diagrama para control de mediciones.....	34
2.8. Pruebas de hipótesis.....	35
2.8.1. Prueba χ^2 para verificar normalidad.....	35
2.9. Intervalo de confianza.....	38
2.9.1. Intervalo de confianza para la media de KC ₂ H ₂ , KO ₂	39
2.9.2. Intervalos de confianza para KC ₂ H ₂ , KO ₂ en base al método de mínimo cuadrado.....	39
2.10. Ahorro por concepto de racionalización de material.....	41
2.11. Conclusiones del capítulo 2.....	42
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Introducción.....	43
3.2- Análisis del diagrama para control de mediciones.....	43
3.3. Análisis de la prueba χ^2 para verificar normalidad.....	46
3.4. Análisis de los intervalos de confianza para la media de KC ₂ H ₂ , KO ₂	48
3.5. Análisis del intervalo de confianza para KC ₂ H ₂ , en base al método de mínimo cuadrado.....	51
3.6. Análisis del intervalo de confianza para KO ₂ , en base al método de mínimo cuadrado.....	53
3.7. Estratificación del índice de consumo del Acetileno y del Oxígeno por espesores.....	54
3.8. Análisis del impacto ambiental.....	54
3.9. Análisis del impacto económico financiero.....	56
3.10. Conclusiones del capítulo 3.....	57
Conclusiones Generales.....	58

Recomendaciones	60
Bibliografía	61
Anexos	63

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ciencia y la tecnología avanzan a pasos agigantados en el estudio y perfeccionamiento de las diferentes industrias a nivel mundial, empezando por las grandes potencias de la industria, así como también los países subdesarrollados como es el caso del nuestro en el cual a pesar de las grandes limitaciones de toda índole se busca mejorar eficazmente los procesos productivos y los medios de producción para lograr un óptimo resultado en beneficio del país, y de sus habitantes en general.

Los procesos productivos, de servicios auxiliares y de apoyo a la producción niquelífera, tales como las reparaciones y mantenimientos, requieren de piezas de repuesto y materiales, en los que en su mayoría se consumen considerables recursos materiales y energéticos, los cuales generan costos adicionales.

En la Empresa Mecánica del Níquel Gustavo Machín, se emplean dos tecnologías para el método de corte, uno de forma manual y otro de forma mecanizada con una máquina de marca Challenger, la cual desempeña con mayor calidad el corte que por el otro método. Por el método manual no se obtiene la misma calidad pero se ahorra más acetileno así como oxígeno, por este método se corrigen aquellas imperfecciones que la máquina produzca así como cortes que está no pueda desarrollar. La Challenger presenta como desventaja que existen algunos tipos de cortes que ella no puede efectuar, así como que luego de comenzar la operación de corte no se puede detener la acción planteada o sino la máquina se bloquea. Para cortar piezas de gran grosos presenta como deficiencia que el calor que produce derrite la boquilla, por lo cual es necesario taladrar previamente un agujero por donde se dará inicio el corte, lo que nos indica que a pesar del avance tecnológico no se dejará de efectuar la metodología de corte de forma manual.

La aplicación sistemática de los procedimientos y actividades de carácter normativo en el consumo de los recursos materiales, contribuye a garantizar la racionalidad y la eficiencia productiva del proceso de producción de bienes materiales.

La norma de consumo establece el valor admisible para una magnitud del consumo de recursos materiales, establecidas para la producción total de un producto o prestación de un servicio en condiciones específicas, teniendo en cuenta la tecnología y las

formas progresivas de organización del proceso de producción y de forma que se logre una utilización racional de materias primas, materiales, combustibles, etc.

La normación del consumo de materiales a emplear en una organización, para la elaboración de un producto o la prestación de un servicio, debe comprender la descripción de las actividades a desarrollar en las etapas de elaboración, revisión y aprobación de las normas de consumo, estableciéndose las responsabilidades y plazos de cada etapa.

La Empresa Mecánica del Níquel posee varias UEB donde se aplican procesos tecnológicos para la elaboración y reparación de partes y componentes destinados a la satisfacción de sus demandas. Esta empresa posee recursos para la determinación de los consumibles pero en ninguna de ellos se establece una uniformidad. Dentro de esta empresa, se destaca la UEB 06 de construcciones metálicas que posee una importante carga productiva anual y requiere, conjuntamente con las demás, mejorar y estandarizar los procedimientos de cálculo de los procesos de elaboración de estructura metálica. En tal sentido, para el presente trabajo se establece como **situación problemática** la siguiente:

1. Existencia de distintos procesos tecnológicos de elaboración de estructura metálica en la UEB 06 de construcciones metálicas que no cuentan con norma de consumo para su racionalización.
2. El empleo del criterio de experto para la toma de decisión sin una adecuada fundamentación.
3. El insuficiente dominio de herramientas y métodos de trabajo que permitan la toma de decisiones adecuadamente, valorando a los consumibles.
4. El interés de los factores de dirección de la empresa para hacer un uso más racional de los recursos disponibles.

El **Problema Científico** a investigar lo constituye:

No se dispone de los índices de consumo debidamente comprobados, teniendo en cuenta condiciones específicas del proceso de corte con llama oxiacetilénica en el Sector de corte de la UEB 06 del combinado mecánico del níquel.

Hipótesis de investigación:

Es posible determinar el rango de variación del consumo de Acetileno y Oxígeno en dependencia de las condiciones del proceso tecnológico de corte manual con llama oxicatilénica, y en consecuencia sugerir alternativas posibles en la determinación del índice de consumo.

Como **objeto de estudio:** Consumo de Acetileno y Oxígeno en el proceso de corte con llama oxiacetilénica.

Como **Campo de acción** se establece: normación del consumo de materiales básicos en el proceso de corte con llama oxiacetilénica en la Empresa Mecánica del Níquel (EMNI).

A partir del problema planteado, se define como **Objetivo general:**

Determinar el rango de variación del índice de consumo de los materiales básicos que se emplean en el proceso de corte con llama oxiacetilénica, teniendo en cuenta las condiciones de la UEB 06 de la Empresa Mecánica del Níquel.

Y se definen los siguientes **Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar el proceso tecnológico de corte con llama oxiacetilénica.
2. Clasificar las principales complejidades que causan la variabilidad del índice de consumo.
3. Plantear las expresiones de cálculo del peso (masa) de los materiales en dependencia de las principales complejidades.
4. Determinar el rango del índice de consumo según las principales complejidades clasificadas.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las **tareas de trabajo** siguientes:

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Estudio acerca de los métodos estadísticos para calcular el consumo de Acetileno y Oxígeno presentando las fórmulas para calcular estos consumos.
3. Estratificación del índice de consumo del Acetileno y del Oxígeno por espesores.
4. Planteamiento de las ventajas económicas de la aplicación de la metodología propuesta.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

1.1. Introducción

En esta sección se trabaja sobre los fundamentos teóricos metodológicos que van a apoyar el cálculo de la norma de consumo material, en el proceso de corte con llama oxiacetilénica.

La norma de consumo es una magnitud máxima admisible de consumo de recursos materiales establecidas para la producción total de un producto o prestación de un servicio en condiciones específicas, teniendo en cuenta la tecnología y las formas progresivas de organización del proceso de producción y de forma que se logre una utilización racional de materias primas, materiales, combustibles, etc.

Para esta investigación se consultaron algunos estudios y trabajos precedentes, además de una revisión bibliográfica dirigida a dos etapas fundamentales, la primera relacionada con el marco teórico-metodológico, y la otra con el desarrollo y análisis de los resultados.

Los métodos estadísticos juegan un papel importante en prácticamente todas las actividades humanas. En sus principios esta solo trataba los asuntos de estados, más relacionada con su nombre, actualmente la estadística abarca la agricultura, la biología, comunicaciones, y otros campos de la ciencia y la ingeniería (Miller, 2005).

La teoría de las probabilidades se inicia a principios del siglo XVII como resultado de investigaciones realizadas por los matemáticos Huygens, Fermat y otros. Durante mucho tiempo estas investigaciones constituyeron la única base concreta para el desarrollo de los conceptos y métodos de las teorías de las probabilidades. Posteriormente, debido al desarrollo de algunas disciplinas que aplican esta teoría, fue necesario fundamentarla y desarrollarla sobre técnicas analíticas más avanzadas. Muchos científicos trabajaron en este sentido, como Gauss, Laplace, entre otros; sin embargo no es hasta finales del siglo XIX y principios del XX cuando comienzan los pasos fundamentales para dotar de una sólida estructura matemática a las teorías de las probabilidades.

El objetivo de este capítulo lo planteamos de la siguiente manera: Efectuar una revisión de los trabajos precedentes para la fundamentación teórico-metodológica del trabajo que se realiza.

1.2. Reseña histórica sobre el corte con llama oxiacetilénica

Según <http://www.ing-instalar.com.ar> (2012), desde que fueron descubiertos los metales, que nadie está seguro de cómo se obtuvo el primer metal útil, varias fueron las hipótesis. Desde que se obtuvo de restos de un meteorito, hasta accidentalmente al calentar minerales que contenían cobre.

Aunque hoy en día el metal es algo que se encuentra presente en nuestra vida cotidiana, en un principio de su historia, el metal por sí mismo estaba limitado por el hecho de la imposibilidad de unir o separar grandes piezas de metal.

En el año 1898, Adolf MESSER empieza un negocio produciendo generadores de acetileno en un pequeño taller en Höchst cerca de Frankfurt/M.

Ernst Wiss, ingeniero en la Chemische Fabrik Griesheim Elektron AG, desarrolla la primera torcha de hidrógeno/oxígeno "Griesheim Schweißbrenner" (torcha de soldadura), en 1903.

En 1904 Ernst Wiss desarrolla la primera torcha de corte "Griesheim Schneidbrenner" (torcha de corte).

En 1906 Ernst Wiss desarrolla la primera de corte por hidrógeno/oxígeno "Griesheim Autogen Schneidmaschine" (máquina de oxicorte). Adolf MESSER empieza la producción de equipamientos de soldadura y oxicorte.

Durante los años de posguerra Adolf MESSER extiende su compañía y pronto tiene sucursales en EE UU y varios países europeos.

En 1927 MESSER presenta la "UNIVERSAL" una máquina de carros cruzados para cortes rectos, circulares y curvados. El primer verdadero SISTEMA de CORTE del mundo.

MESSER presenta la "UNIVERSAL" una máquina de carros cruzados para cortes rectos, circulares y curvados. El primer verdadero SISTEMA de CORTE del mundo.

Reconstrucción de la compañía MESSER. Sucursales en EE UU y varios países europeos en el año 1946.

En 1960 MESSER desarrolla el primer cabezal triple de chaflán del mundo para preparación de soldadura.

En 1963 MESSER presenta la "SICOMAT" el primer sistema de corte del mundo con control NC.

Al año siguiente MESSER presenta el primer marcador del mundo (marcador de punzón) sobre un sistema de corte y en el mismo año el primer cabezal triple de chaflán con giro infinito del mundo.

En 1965 MESSER GRIESHEIM GmbH fue formada, después de la fusión de la Adolf MESSER GmbH y Knapsack-Griesheim AG, 2/3 del capital es de la Hoechst AG y 1/3 de la familia MESSER. Este año MESSER GRIESHEIM produce el primer sistema de corte del mundo con más de 20 m de ancho.

En el año 1967 MESSER GRIESHEIM vende el primer sistema de nesting del mundo para maquinas de corte con control NC.

Dos años más tarde MESSER GRIESHEIM presenta la primera máquina de corte por LASER del mundo en la feria de Essen.

MESSER GRIESHEIM vende el primer sistema de corte por plasma bajo agua del mundo a LINK BELT, USA en 1973.

En 1987 MESSER GRIESHEIM vende el primer sistema de corte por plasma bajo agua del mundo con chaflán y giro al astillero FREDERIKSHORN en Dinamarca.

MESSER GRIESHEIM presenta la primera máquina combinada del mundo de corte por LASER y PLASMA en la feria de Essen en 1997.

En 1998 Primera LASERMAT vendida con láser de 6000 Watt para cortes de 30 mm de acero carbono. 100 Años MESSER Cutting & Welding.

En el 2004 MESSER Cutting Systems presenta el Global Control, el primer CNC para maquinas de corte que es completamente integrado en un sistema BUS y en el ambiente de INTERNET.

Al año siguiente MESSER Cutting Systems presenta el ALFA Torch, el primer soplete para máquinas de corte con sensor magnético integrado, según http://www.ing-instalar.com.ar/repuestos_consumibles.html.

La revolución industrial fue la que incentivó la introducción de los diferentes tipos de soldeo a escala comercial. En el año 1916 el soldeo oxiacetilénico estaba ya formado

como un procedimiento de soldeo por fusión con una calidad razonable en chapas finas de acero, aluminio y cobre desoxidado.

1.3. Generalidades del proceso

Según consulta realizada en <http://www.frm.utn.edu.ar/> (2012), cuando la separación del material se debe principalmente al efecto de las altas temperaturas localizadas sobre una pequeña zona de material, estamos ante los procesos de corte por chorro térmicos. Tienen un amplio campo de aplicación, y ocupan un segmento cada vez mayor del mercado. Esto se debe en parte, no sólo al incremento en el número de máquinas, sino también a la diversidad de fuentes de energía utilizadas para provocar el aumento térmico localizado. El oxicorte (flame or oxygen-flame cutting), se encuentra entre los principales procesos aplicables a la chapa.

El término oxicorte indica la operación de seccionamiento o corte del acero por medio de un soplete alimentado por un gas combustible y oxígeno.

Esta operación se basa en la reacción fuertemente exotérmica de la oxidación del hierro en presencia de oxígeno. Efectivamente, un hilo de hierro llevado a la temperatura de rojo y puesto en presencia de oxígeno puro, arde rápidamente, continuando la combustión por la reacción de oxidación. Para que un metal pueda experimentar esta operación deben cumplirse dos condiciones:

- a) Que la reacción de oxidación sea exotérmica.
- b) Que el óxido formado tenga una temperatura de fusión inferior a la del metal.

El hierro y la mayor parte de sus aleaciones satisfacen estas dos condiciones; sin embargo, para estas aleaciones, la formación de estos óxidos más refractarios puede dificultar la operación. Así, para los aceros al cromo, a partir de una cierta concentración en cromo, el acero presenta dificultades de oxicorte debido a la formación de óxido de cromo que tiene un punto de fusión muy alto respecto al del óxido de hierro y el hierro.

1.3.1. Proceso de oxicorte

Según Hermes Pérez (<http://html.rincondelvago.com/>, 2012), el oxicorte es una técnica auxiliar a la soldadura, que se utiliza para la preparación de los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesor considerable, y para realizar el corte de chapas, barras de acero al carbono de baja aleación u otros elementos ferrosos.

El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900°C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y remueve los óxidos de hierro producidos.

En este proceso se utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrógeno, propano, hulla, tetreno o crileno), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte.

Bien sea en una única cabeza o por separado, todo soplete cortador requiere de dos conductos: uno por el que circule el gas de la llama calefactora (acetileno u otro) y uno para el corte (oxígeno). El soplete de oxicorte calienta el acero con su llama carburante, y a la apertura de la válvula de oxígeno provoca una reacción con el hierro de la zona afectada que lo transforma en óxido férrico (Fe_2O_3), que se derrite en forma de chispas al ser su temperatura de fusión inferior a la del acero.

El proceso fue desarrollado completamente en el siglo XX y sus primeras aplicaciones se llevaron a cabo en Europa. No obstante, su total desarrollo hasta lo que hoy conocemos por oxicorte se produjo en Estados Unidos durante el primer cuarto del siglo XX.

El proceso de oxicorte, al contrario de lo que pueda parecer, no consiste en una fusión del metal, el corte se produce por una literal combustión del mismo. En otras palabras al cortar quemamos el metal a medida que avanzamos con el soplete. Por esta razón, la presencia de aleantes se hace crítica, ya que merman la capacidad del acero a ser quemado.

Para que se produzca una reacción de combustión son necesarios tres requisitos; presencia de combustible (a su temperatura de ignición), presencia de comburente (en una mínima proporción), y un agente iniciador. En el proceso de oxicorte, el combustible es el Fe, el comburente el O_2 , y el agente iniciador la llama del soplete. En condiciones normales, aunque apliquemos un agente iniciador a una pieza de acero, ésta no arde espontáneamente por dos motivos; el Fe contenido no está a su temperatura de ignición (aproximadamente 870°C) y el O_2 atmosférico no es lo suficientemente puro (el O_2 atmosférico se encuentra en una proporción del 20% y la proporción mínima necesaria para quemar el Fe es un 87%).

1.4. Herramientas de Oxicorte manual

Según Hermes Pérez (<http://html.rincondelvago.com/>, 2012), se usan sopletes de aspiración, equipados con una boquilla de presión. Para cortar chapas delgadas se usan “boquillas escalonadas”. Para grosores mayores se usan boquillas anulares, ranuradas o de bloque. Se pueden recomendar también sopletes de oxicorte manual sin boquilla de presión -con boquillas de corte que mezclan gases. Estas herramientas ofrecen gran seguridad respecto al retroceso de llamas. La presión del oxígeno para el corte suele ser de un orden de 6 bar, como mínimo. La presión de trabajo correcta se puede consultar en la tabla de corte que viene troquelada en la boquilla. El diseño de la boquilla y la presión del oxígeno de corte se relacionan entre sí. Por lo tanto, sólo tiene sentido establecer una presión mayor que la indicada en la tabla, cuando se produce una pérdida de presión, por ejemplo, en mangueras muy largas.

1.5. Características de los elementos de un equipo de oxicorte

Según Glizmanenco (1962), además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de oxicorte son los manorreductores, el soplete, las válvulas antirretroceso y las mangueras.

Reguladores: La presión del gas almacenado en la botella, es demasiado alta para poderla utilizar en la soldadura o corte. Además esa presión constantemente se reduce al consumirse el gas de la botella.

Por eso el gas de la botella se suministra a la antorcha a través de un dispositivo especial, llamado regulador y se encuentran situados entre las botellas y los sopletes. En el regulador la presión del gas se reduce hasta la presión necesaria, este mantiene esa presión invariable independientemente del cambio de la presión que pueda tener lugar en la botella.

El soplete: El soplete es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases. Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla.

Las válvulas antirretroceso: Las válvulas antirretroceso son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido. Están formadas por una envolvente, un cuerpo metálico, una válvula de retención y una

válvula de seguridad contra sobrepresiones. En España existe la Norma NTP 132: "Válvulas antirretroceso de llama", del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo donde se exponen los puntos básicos del fenómeno del retroceso de llama, método práctico para evitarlo y dispositivos asociados al propiamente llamado antirretroceso de llama de forma que se disponga de unos criterios para una buena elección y emplazamiento de este aparato.

Las mangueras: Las mangueras o conducciones sirven para conducir los gases desde las botellas hasta el soplete. Pueden ser rígidas o flexibles.

Balones de Oxígeno: Para almacenar el oxígeno comprimido a alta presión se emplean botellas cilíndricas de acero, calculadas a una presión de 150 atm, y probadas a una presión de 225 atm. En los últimos años se ha comenzado a emplear botellas de acero de baja aleación y resistentes, calculadas a una presión de 200 atm, y probadas a 300 atm. El cuello de la botella está previsto de una rosca cónica, a la cual se enrosca a la válvula de latón. Por fuera de la garganta se enrosca un casquete, con el cual se protege la válvula de suciedad y de golpes. Para la soldadura y corte se emplean botellas típicas cuya capacidad es de 40 litros, su diámetro exterior de 219 mm, el espesor de la pared es de 8 mm, su longitud es de 1390 mm, y su peso de 70 Kg. Estas botellas y accesorios se deben de proteger del ensuciamiento con grasa, ya que incluso las pequeñas manchas pueden autoinflamarse al entrar en contacto con el oxígeno comprimido puro y es por eso representa un gran peligro para la integridad de la botella.

La cantidad de oxígeno (V), que admite la botella a una presión dada (P), es igual al producto de la capacidad de la botella (v) por la presión del gas. La calidad del oxígeno empleada para el oxicorte en la Empresa Mecánica del Níquel. "Comandante Gustavo Machín es de 99.5%, el mismo en trasladado desde la provincia de Holguín hasta nuestro territorio donde es almacenado en dicha empresa para luego ser embasado en balones para su uso.

Balones de Acetileno: El acetileno también puede ser almacenado en botellas en estado comprimido, pero el interior de la botella de acetileno se llena de una masa porosa, impregnada de acetona. La masa porosa se prepara de carbón vegetal, piedra pómez trituradas y otros materiales. La acetona sirve para disolver el acetileno comprimido, este al penetrar en sus pequeñísimos poros y disolverse en la acetona,

pierde sus propiedades explosivas, y así puede ser almacenado en la botella a una presión de hasta 20-25 atm.

La cantidad de acetileno en la botella se determina por el peso, pesando la botella antes y después de llenarla con el gas. La diferencia de pesos da la cantidad de acetileno en la botella, en Kilogramos. Si a esa diferencia de peso la dividimos entre el peso de 1 metro cúbico de acetileno, el cual es igual a 1.09 Kilogramos, entonces obtenemos la cantidad de acetileno en la botella en metros cúbicos.

Cuando las botellas se llenan de acetileno hasta una presión de 20-25 atm, tiene lugar cierto calentamiento del gas en la botella a causa del calor que desprende durante la solución del acetileno en la acetona y se reduce su peso. Después que la botella se enfría la solución se eleva de nuevo y la presión cae hasta 10-12 atmósferas. Entonces la botella se llena por segunda vez de acetileno, luego de lo cual en ella se establece la presión de 15-16 atm. Con esa presión en la botella entran aproximadamente 5000-55000 litros de acetileno (a 1 atmósfera).

La planta de acetileno en la Empresa Mecánica del Níquel. “Comandante Gustavo Machín trabaja por el método de generación húmeda y se proyecta para una capacidad de $20m^3/hr$, la calidad del acetileno es de 99.2%(máxima). Las impurezas permitidas están en el rango siguientes:

- Ácido sulfhídrico (SH_2) - .080% Volumen (máximo)
- Fosfina (PH_3) - .06% Volumen (máximo).

1.6. La llama oxiacetilénica

Zonas de la llama: Según <http://es.wikipedia.org/> (2012), es importante a la hora de realizar el proceso controlar las características de la llama, pueden distinguirse 3 zonas bien diferenciadas en la llama que dependerán de la composición de oxígeno - acetileno:

Dardo: Es la primera zona situada inmediatamente a la salida de la boquilla, caracterizada por ser una zona cónica, brillante, en su extremo final se alcanza la mayor temperatura.

Zona reductora: Zona que se encuentra alrededor del dardo, de color azul, y atmósfera reductora. Descompone los óxidos metálicos, purificando la soldadura. La temperatura va descendiendo a medida que se aleja del dardo.

Penacho: Zona exterior rosada (más amplia que las anteriores) donde se produce la combustión secundaria. Esta zona es oxidante y rica en nitrógeno, evita que el oxígeno atmosférico entre en contacto con los metales calientes evitando su oxidación.

Carácter de la llama

Dependiendo la mezcla de oxígeno-acetileno podemos distinguir 3 tipos de llamas:

Oxidante: Exceso de oxígeno. El dardo presenta un color azul y corto. El penacho es casi inexistente ya que los gases se queman por completo. Empleado para soldadura de cobre y sus aleaciones, así como descarburante en la soldadura de aceros.

Neutra: La relación acetileno-oxígeno es 1:1. El dardo está bien definido y presenta un aspecto entre blanco y verde. El penacho es sombreado. Es la más utilizada.

Carburante: Exceso de acetileno. Posee una combustión irregular, penacho alargado y blanco. Este tipo de llama, reduce los óxidos del acero y carbura el metal de aporte en el proceso. Indicado para bronces, latones y soldar aceros sin material de aporte.

1.7. Fundentes

Son sustancias con importantes funciones en este tipo de soldadura, los fundentes se aplican a las piezas a unir para deshacer los óxidos superficiales y formar una película protectora para evitar la oxidación durante el proceso. El calentamiento de la superficie de un metal acelera la formación de óxidos, que son el resultado de una reacción química entre el metal caliente y el oxígeno del aire.

Los trabajos que desempeña un fundente son:

Fundir y llegar a estar activo por debajo del punto de fusión del material de aporte. Ser capaz de disolver y eliminar los óxidos de la superficie del metal, además de proteger las superficies de los metales base de nuevas oxidaciones. Al suprimirse los productos de oxidación permite que el material de aporte moje con mayor eficacia el material base.

Debe permanecer activo a la temperatura de soldeo y durante el tiempo suficiente como para permitir que la operación de soldadura pueda ser llevada a cabo adecuadamente

La mayoría se presentan en disolución acuosa y estado pastoso.

Pueden agruparse en 3 tipos:

1. Para materiales féreos: mezclas con bases de bórax, bicarbonato sódico, sílice y sosa.
2. Para cobre y sus aleaciones: mezclas con bases de bórax, ácido bórico, cloruros y fosfato sódico.
3. Para aluminio y sus aleaciones: mezclas con bases de sulfato sódico, cloruros de sodio, de potasio, de magnesio, fluoruros de potasio y sodio, con referencias, Jose (2002) y Julio (2005).

1.8. Manejo de las herramientas del oxicorte

El N3 del área de trabajo será responsable de que las herramientas se utilicen de manera segura, instruyendo, en caso necesario, a las personas que deban de utilizarlas. De manera general se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Consultar en la tabla de corte los parámetros de ajuste, que corresponden a la boquilla en cuestión.

- Ajustar las presiones de los gases con las válvulas abiertas.
- Usar el manómetro de comprobación.
- Ajuste de la llama de calentamiento.
- Abrir del todo la válvula de oxígeno de combustión en el soplete.
- Abrir un poco la válvula de acetileno.
- Encender la mezcla.
- Ajustar en primer lugar el sobrante de acetileno.
- Después reducir el gas combustible hasta obtener una llama neutra.
- Abrir la válvula de oxígeno de corte; si es necesario, corregir la regulación de la llama neutra.

El chorro de oxígeno para el corte tiene que salir de la boquilla recto y cilíndrico. No debe fluctuar. La llama de calentamiento debe rodear el chorro de oxígeno de forma concéntrica.

Para seleccionar la velocidad de corte correcta se debe consultar la tabla de corte. Esta velocidad de corte depende de lo siguiente:

Del tipo de corte si es vertical u oblicuo, si es recto o curvilíneo; para cortes oblicuos y para cortes en curvas de radios pequeños, hay que reducir la velocidad según:

- Corte oblicuo de 30°-25%
- Corte oblicuo de 45°-45%
- Corte en curva-10%

De las exigencias para la superficie del corte, si se trata de un corte estructural o de separación.

De la composición del material.

De las características de la superficie del material, si está limpiada a chorro de arena, si tiene escorias, está oxidada o tiene una imprimación.

De las características (suavidad de marcha) de la máquina.

De la boquilla de corte elegida.

1.9. Calidad del corte

Según Hermes Pérez (<http://html.rincondelvago.com/>, 2012), los procesos de corte por chorro presentan, de forma similar a lo que sucede en otros procesos como el mecanizado por arranque de material, unos parámetros tecnológicos críticos que son necesarios controlar para obtener los acabados superficiales y las tolerancias dimensionales requeridas. Para los procesos menos extendidos como el láser y el corte por agua, cabe decir que todavía hoy se siguen probando nuevas combinaciones de parámetros tecnológicos en función de aquellos materiales (ya sean nuevos o mejorados) susceptibles de ser cortados por estos métodos.

En cuanto al oxicorte e incluso el corte por plasma, adecuados para la mayoría de los aceros de construcción, aceros de fundición y aceros aleados (incluso inoxidable), son procesos relativamente sencillos con pocas variables a controlar. A pesar de ello, el número de empresas que optimizan realmente esas pocas variables (parámetros tecnológicos) es muy reducido, creando una falsa idea de que son procesos donde no se pueden conseguir buenos acabados ni mucho menos pequeñas tolerancias (del orden de 1 mm).

Las imprecisiones dimensionales pueden ser debidas a trayectorias de corte erróneas, a movimientos de la chapa o de las piezas durante el corte o a tensiones residuales en la chapa.

Todos los problemas y defectos que se citan a continuación, incluyendo sus causas y sus posibles soluciones, han sido preparados no sólo gracias a la literatura existente, sino también teniendo en cuenta la experiencia de usuarios y, sobre todo, de fabricantes de máquinas de oxicorte y plasma.

La calidad de la superficie del corte para la fabricación de estructuras metálicas viene recomendada por la norma DIN 2310, y recientemente, por el proyecto de norma europeo EN 1090-1-1993. En la figura se muestra una parte de esta norma, correspondiente al acabado del corte, en la que se indica como deben controlarse la desviación angular de la superficie de corte (en la dirección del chorro) y la profundidad de las estrías o marcas en el sentido de recorrido (dirección de avance del corte). La norma establece también que ambos requisitos pueden suavizarse si las chapas o componentes estructurales se van a soldar en la superficie del corte.

Los distintos errores observados por causas tecnológicas, se pueden clasificar en función del daño o defecto causado en la chapa. Esta clasificación se establece con la finalidad de reconocer sus causas y posibilitar su posterior remedio. Debe hacerse notar que los errores son de tipo individual, es decir, debidos principalmente a un sólo parámetro, pero la combinación de varios de ellos puede dar lugar a contradicciones en los pronósticos de las causas que los originaron. También debe considerarse que para la elaboración de los defectos aquí listados no se han tenido en cuenta causas externas al proceso, como vibraciones de la propia máquina o de otras máquinas próximas en el taller, etc. Se asume además que el O₂ empleado es de pureza estándar industrial.

1.9.1. Defectos en el filo superior del corte

Fusión de las esquinas. El filo del corte, presenta un redondeo excesivo debido a la fusión del material en dicha zona. Este defecto se debe principalmente a una velocidad de corte demasiado baja o a una llama de corte (presión de O₂) demasiado fuerte. También se puede deber a una distancia boquilla-chapa demasiado grande o demasiado pequeña o a una mezcla con demasiado O₂ (figura 1.1a)

Formación de cadena de gotas fundidas. La cadena de gotas fundidas de la figura 1.1b, formadas sobre el filo de corte es debido a suciedad, óxidos, etc. existente en la

superficie de la chapa. En segundo orden de magnitud pueden deberse a una distancia excesivamente pequeña entre boquilla-chapa.

Filo de corte colgante. La formación de un filo de corte colgante, con forma convexa sobre el filo ideal (a escuadra), se debe a una llama demasiado fuerte. Aún cuando la presión y mezcla de O₂ es correcta se puede producir este defecto si la distancia entre boquilla y chapa es pequeña o la velocidad de corte es excesivamente lenta (figura1.1c).

Borde separado de la zona de corte con adherencia de escorias. En la figura1.1d se puede observar este error causado generalmente por una distancia de la boquilla a la chapa demasiado grande. Cuando la distancia es la correcta, se puede producir por una presión del O₂ de corte demasiado alta.

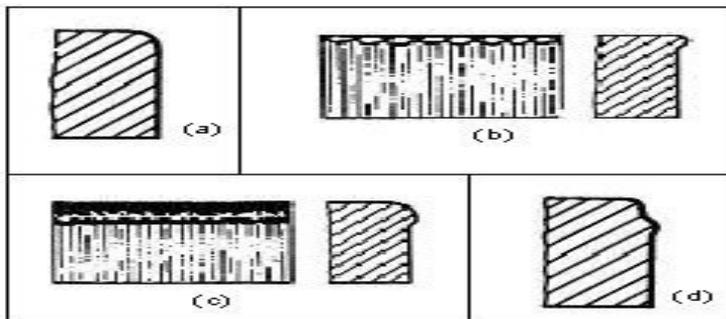


Fig.1.1. Defectos propios de la arista superior del perfil cortado (Messer)

1.9.2. Defectos en la superficie del corte: irregularidades

Todas las desviaciones e irregularidades de la superficie ideal de corte se definen de acuerdo a la distancia entre dos planos paralelos, separados por la sangría y creados por contacto entre la llama y los puntos superior e inferior de la chapa sobre el perfil de corte. Teóricamente, el ángulo correcto de la chapa con la superficie cortada debe ser de 90°, de forma que la sangría debe permanecer constante a lo largo de todo el espesor de la chapa.

Concavidad bajo el borde superior. La concavidad que se produce en la parte inmediatamente inferior al borde superior de la superficie de corte se debe a una presión de O₂ demasiado alta, que produce un chorro turbulento inicialmente, volviéndose laminar al penetrar en la chapa. Este tipo de daños revela también suciedades en la boquilla (figura1.2a).

Estrechamiento del filo (sangría convergente). Este defecto se produce cuando ambas superficies de corte (derecha e izquierda), convergen hacia la parte inferior. Claramente indica un chorro de corte débil que puede ser debido a una velocidad demasiado alta, alta distancia de la boquilla o al empleo de una boquilla de diámetro demasiado pequeño para el espesor de la chapa que se quiere cortar (figura1.2b).

Ensanchamiento del filo (sangría divergente). Es el defecto contrario al anterior, se consideran también las causas opuestas (figura1.2c).

Sección cóncava de la superficie del corte. La concavidad se produce a lo largo de toda la superficie, particularmente en la zona media (figura1.2d). Se produce principalmente por una velocidad de corte demasiado elevada o por utilizar poca presión de O₂. Otras causas secundarias son debidas a la boquilla, diámetro pequeño para el espesor considerado, suciedad o deterioro, etc.

Sección ondulada de la superficie del corte. La sección transversal de corte presenta en este caso unas inflexiones cóncavas y convexas alternadas (figura1.2e). Como en la mayoría de estos defectos, la alta velocidad de corte es la causa primordial. En este caso, el empleo de boquillas demasiado grandes o su vibración (causada por suciedad a lo largo de la guía, etc.) pueden también originar estas ondulaciones.

Superficie de corte desviada de la vertical. Si las superficies son paralelas, sin defectos en su interior, debemos presuponer que la presión, velocidad, y distancia de la boquilla son correctas. Por lo tanto, este defecto sólo puede ser debido a un incorrecto posicionamiento angular de la antorcha. Ocasionalmente puede producirse por defectos superficiales o suciedad en la chapa (figura1.2f).

Borde inferior redondeado. En la (figura1.2g) se observa este defecto, pudiendo ser más o menos severo en función de ciertos daños sufridos por la boquilla. También puede producirse cuando la velocidad de corte es muy alta (flujo muy turbulento de la llama)

Escalón en el borde inferior. Se trata de un defecto similar al anterior. Las causas son también las mismas aunque predominando el exceso de velocidad (figura1.2h)

Dirección defectuosa del corte y superficie transversal ondulada. La superficie de corte no sigue una línea recta, sino que presenta un contorno ondulado (figura1.2i). Esta irregularidad en la dirección del corte se debe principalmente al exceso de velocidad o

al elevado contenido de los aleantes. Causas secundarias pueden ser la suciedad o daños en la boquilla, contenido en Carbono elevado o llama con exceso de gas comburente. Si el control de la velocidad se hace de forma irregular también se manifiesta de esta forma.

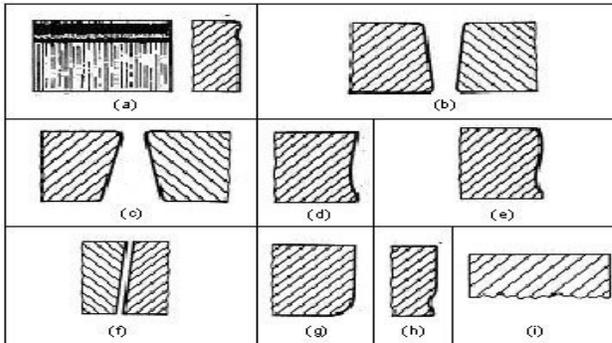


Fig.1.2. Defectos en la superficie de la pieza cortada: Irregularidades (Messer)

1.9.3. Defectos en la superficie del corte: marcado

La separación y dirección de las líneas de marcado, forman un patrón que delata cómo se está realizando el proceso. Las normas DIN 2310 y EN 1090-1-993, detallan cual debe ser el patrón de marcado ideal y qué profundidad pueden tener las marcas. El patrón ideal debe tener las marcas formando ángulo recto con el borde superior del corte y una pequeña desviación hacia atrás en el sentido de la marcha, con el borde inferior. Cualquier desviación, tanto en la dirección de las líneas de marcado cómo en la profundidad, denotará un mal empleo de alguno de los parámetros.

Excesiva deflexión del marcado inferior. Es un defecto muy usual en este tipo de procesos y quizás el menos importante. La excesiva velocidad de corte es la causa principal. Cuando las exigencias de acabado no sean muy severas, es preferible utilizar una alta velocidad de corte aún cuando las marcas presenten dicha deflexión (figura1.3a).

Marcado superior con deflexión. El patrón superior se encuentra trasladado hacia la parte de atrás. Se debe a un ángulo incorrecto de la antorcha en la dirección del corte. (Figura1.3b).

Excesiva deflexión del marcado inferior hacia adelante. Normalmente indica que hay un defecto en la boquilla que produce un flujo de la llama muy turbulento (figura1.3c).

Deflexiones locales del patrón de marcado. Las irregularidades de las marcas del patrón que se manifiestan por deflexiones en uno u otro sentido (hacia adelante o hacia atrás) como las de la (figura1.3d), son causadas por líneas de segregación, inclusiones distribuidas (de zonas con distinta concentración de aleantes), inclusiones de escoria y otros defectos similares sobre la chapa.

Profundidad del marcado excesiva. Cuando en sentido transversal al corte, la profundidad de las marcas es excesiva, e independientemente del patrón de marcado que quede grabado sobre la superficie, esto indica que la velocidad de desplazamiento de la antorcha es demasiado alta o irregular. También puede deberse a una distancia demasiado corta entre boquilla-chapa (figura1.3e). Irregularidades en la profundidad del marcado. Las diferencias en cuanto a las profundidades de marcado, pasando desde un marcado normal al del caso anterior y viceversa (figura1.3f), ponen de manifiesto que se ha producido irregularidad o exceso en la velocidad de corte.

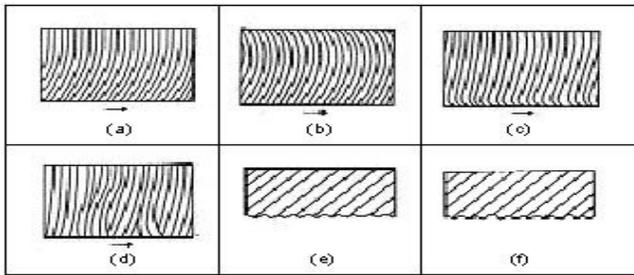


Fig.1.3. Defectos en la superficie del corte: Marcado (Messer)

1.9.4. Defectos en la superficie del corte: cortes incompletos

Son defectos caracterizados por la pérdida de continuidad del corte, produciendo defectos de separación, total o parcial, entre las superficies de corte.

Zonas aisladas de corte interrumpido. En la (figura1.4a), se puede observar un defecto de este tipo, que se manifiesta por la aparición de un triángulo de material remanente, no cortado, en la parte inferior. Como es de esperar, se debe a una velocidad de corte excesiva o a una llama demasiado débil que no traspasa todo el espesor de la chapa.

Grupos de zonas de corte interrumpido. Cuando se produce el mismo defecto anterior, pero esta vez en forma de grupos aislados e irregulares distribuidos a lo largo de una zona, significa no sólo que la velocidad es demasiado alta (llama demasiado débil) sino que además hay zonas oxidadas, escoria, etc. en la superficie de la chapa (figura1.4b).

Zonas erosionadas en la parte inferior. Este fenómeno, caracterizado por grandes zonas erosionadas, durante intervalos irregulares, situados en la parte inferior (figura1.4c), es una consecuencia usual del empleo de una velocidad de corte excesivamente lenta.

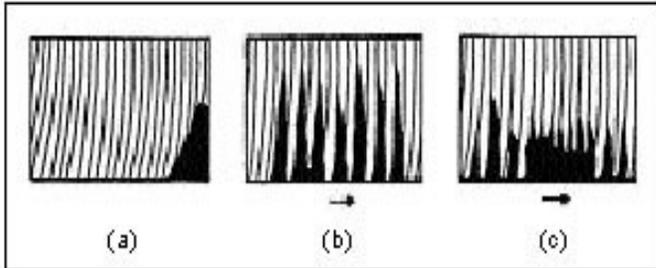


Fig.1.4. Defectos en la superficie de corte: Cortes Incompletos (Messer)

1.9.5. Defectos por la adhesión de escoria

Los depósitos de escoria en la parte inferior o central de la superficie del corte son un defecto muy perjudicial para el proceso puesto que sólo pueden ser eliminados con dificultad.

Barras de escoria adherida en la parte inferior. La formación de una "cadena" de escoria en el borde inferior de la superficie de corte (figura1.5a) puede deberse a valores excesivamente bajos de la velocidad, aunque la causa más usual consiste en el empleo de boquillas demasiado pequeñas para el espesor. Otras causas secundarias son, una llama demasiado fuerte, o una llama con alto contenido de gas comburente.

Zonas de escoria incrustada en la superficie de corte. El defecto que se observa en la (Figura1.5b), se debe a un contenido en aleantes demasiado alto.

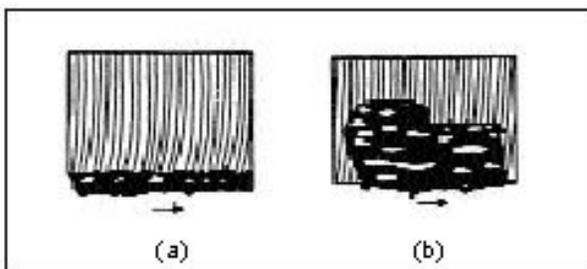


Fig.1.5. Defectos por adhesión de escoria (Messer)

1.10. Base del cálculo del consumo de oxígeno de corte

Según <http://www.frm.utn.edu.ar/>, (2012), en la práctica corriente puede calcularse rápidamente el consumo de oxígeno correspondiente a un corte de acero de espesor dado refiriendo dicho consumo al cm^2 de superficie de corte, que permanece prácticamente constante para un mismo tipo de trabajo.

Para el oxicorte manual, puede tomarse como valor medio, un consumo de dos litros de oxígeno por centímetro cuadrado de sección, que representa el mejor rendimiento sobre chapa limpia.

Para el corte de paquetes de chapas hay que contar con un consumo de tres litros por centímetro cuadrado.

En los trabajos de desguase es más difícil fijar una relación de corte; se admite, generalmente, de 3 a 10 metros de oxicorte por tonelada de chatarra.

Para el oxicorte a máquina, este consumo baja considerablemente con el espesor, siendo del orden de un litro por centímetro cuadrado.

Lo planteado anteriormente se cumple en países completamente desarrollados, que efectúan el proceso de oxicorte con las condiciones adecuadas, en la Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche”, dadas las características y condiciones de la UEB Construcciones Metálica, estas normas no se emplean ya que no son factibles, por lo cual a partir de reconocimiento de las necesidades de normas que sean factibles para esas condiciones de trabajo se hace necesario el desarrollo de una metodología de cálculo estadístico para la determinación más fiable y racional del consumo de material básico en la obtención del producto final, dadas las diferentes complejidades en cuestión, cuyos rangos de los coeficientes establecidos aún no están debidamente comprobados y validados.

1.11. Características de ejecución de los cortes

La tabla 1.1. muestra algunas características de ejecución de cortes con llama oxiacetilénica para espesores de acero variando entre los 5 y los 125 mm.

Tabla 1.1. Características de ejecución de los cortes según, Hermes 2012

Espesores a cortar (mm)	Diámetro de la boquilla de corte(1/10)	Presión de oxígeno (Kg./cm ²)	Velocidad de avance (m/h)		Consumo (L)	
			mano	máquina	De oxígeno por metro de corte	De acetileno por metro de corte
5	6	1	20	25	60	14
8	8	1.5	17.5	22	96	16
10	10	1.5	15	20	120	20
12	10	1.75	13		145	24
15	10	2.0	12		185	26
20	10	2.5	11	16	250	32
25	15	2.0	10	14	325	36
30	15	2.5	9.5		400	40
35	15	3	9		480	46
40	20	3	8.5		560	55
50	20	3.5	7	10.5	750	80
75	25	4	6		1275	125
100	30	4	5	7.5	1500	150
125	30	5	3 a 4	7	2000	175

Esta cifras se obtienen normalmente cuando el corte de la chapas se realiza sobre aceros limpios, como llegan del comercio. Los consumos indicados para el acetileno y el oxígeno, pueden reducirse sensiblemente cuando el corte se realiza con el auxilio de guías apropiadas que permiten la regularidad en el avance.

Por el contrario, el oxicorte de chapas con incrustaciones de herrumbre, chapas con defectos intensos y mazarotas y aceros especiales, requiere un aumento en el consumo de gases que puede duplicarse e incluso triplicarse según los casos.

Esto tiene valor práctico relativo puesto que puede servir como punto o criterio de referencia pero en estos datos no están incluidos la diversidad de situaciones específicas que se presentan en cada taller u operación de corte; por lo que se hace necesario el estudio de cada situación específica con el empleo de métodos de trabajo científico para poder sugerir la información más adecuada.

1.12. Procedimiento metodológico para realizar el cálculo estadístico del índice de consumo

A partir del reconocimiento de las necesidades de la UEB Construcciones metálicas de la Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche”, donde se cuneta con la experiencia del personal que labora en el taller como herramienta disponible para determinar la cantidad de insumos básicos a utilizar y así gestionar de un modo incipiente el proceso productivo de estructura metálica, se hace necesario el desarrollo de una metodología de cálculo estadístico para la determinación más fiable y racional del consumo de material básico en la obtención de productos dadas las diferentes complejidades en cuestión.

Velásquez, [2008] propone una metodología para el cálculo estadístico en el desarrollo de un producto o proceso que tiene en cuenta criterios de Taguchi, la cual consta de tres etapas. Esta fue aplicada por Jiménez, (2010) y Cuenca, (2011) obteniendo resultados satisfactorio; por lo que puede ser aplicada con algunas modificaciones de acuerdo a la necesidad que presenta este trabajo.

Las etapas que integran el diseño del proceso de medición son las que se refieren a continuación: Diseño del sistema de medición, Diseño del parámetro a medir y Diseño de tolerancia (Mantgomery, 2004).

El diseño del sistema de medición, según plantea Hernández, (1986) comprende la definición de los siguientes elementos: a qué se le realiza la medición, con qué se realiza la medición, quién realiza la medición, cómo se realiza la medición y cómo se procesara la medición.

En el diseño del sistema, el ingeniero utiliza principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica. Ejemplo si se desea medir una resistencia desconocida, es posible usar conocimientos previos de circuito eléctricos para determinar que el sistema básico debe configurarse con un puente de Wheatstore.

En la etapa del diseño de parámetro, se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema. Usualmente el objetivo es especificar estos valores nominales de los parámetros de tal modo que se minimice la variabilidad transmitida por variable incontrolable.

El diseño de tolerancia se utiliza con objeto de determinar las mejores tolerancias para los parámetros. Por ejemplo, en el caso del puente de Wheatstore los métodos de diseño de tolerancia revelarían cuales componentes del diseño fueron más sensibles y en qué valores deben fijarse las tolerancias. Si un componente no tiene gran efecto sobre el funcionamiento del circuito, puede especificarse con una tolerancia amplia.

En la etapa del diseño de tolerancia se pretende establecer las premisas para el control estadístico del parámetro. Esto comprende la definición de los aspectos que se pueden asociar con el tamaño de la muestra y el tratamiento estadístico.

Para lograr el tratamiento estadístico de las bases de datos se hace necesario efectuar el análisis correspondiente a diferentes pasos metodológicos, los cuales se referencian a continuación:

Técnica de muestreo a aplicar

Técnica de análisis exploratoria a desarrollar,

Pruebas de hipótesis estadísticas,

Intervalos de confianza para el parámetro.

1.13. Elementos del análisis estadístico

Calero, (1976) plantea que el uso de la técnica de muestreo se sustenta en las siguientes ventajas: Mayor rapidez, Mayores posibilidades, mayor exactitud y menor costo.

Mayor rapidez: El tiempo que se necesita para recoger la información de una muestra, procesar esta, analizar los resultados, dar las conclusiones y recomendaciones, es mucho menor que si se enumeran a todos los elementos de la población.

Mayores posibilidades: En ciertos tipos de trabajo es necesaria la utilización de enumerador altamente especializados, sin contar con la cantidad necesaria en casos que se desee realizar un trabajo completo, es decir, la información se puede obtener solamente a través de una muestra.

Mayor exactitud: Es posible utilizar un personal mejor entrenado que minimice la introducción de sesgos, no de muestreo, en la resultado de los trabajos, ya que se enumeran a una muestra de la población.

Menor costo: La información se obtiene de una muestra y los gastos serán menores que si se enumeran a todo la población.

El problema principal del Muestreo es definir una muestra lo más pequeña posible con la mayor representatividad posible Calero, (1976). En la práctica esto se asume de dos formas:

- Fijar el nivel de representatividad y luego buscar el tamaño y la posición espacio-temporal (o de otro tipo) de la muestra, asumiendo que debe minimizarse cierto criterio (por ejemplo el tamaño, el valor económico del muestreo, etc.)
- Se fija el tamaño de la muestra y se determina la posición espacio-temporal (o de otro tipo) que maximice la representatividad.

Freund, (2006), plantea que se necesita un método para lograr el mejoramiento de la calidad, no solamente bueno deseo. El problema central de la administración es comprender el significado de la variación y extraer de ella la información pertinente. Es allí donde entra en juego la estadística. Los ingenieros necesitan comprender los principios básicos del diseño experimental para realizar sus funciones hacen los siguientes puntos, según W. Edwards Deming:

1.- Cesar la dependencia de la inspección para lograr la calidad. Eliminar la necesidad de inspección a nivel masivo mediante la incorporación de calidad en el producto.

2.- Perfeccionar constantemente y por siempre el sistema de producción y servicio, para mejorar la calidad y la productividad y en consecuencia bajar los costos.

Tradicionalmente se puede pensar que son incompatibles una alta capacidad de producción y una alta calidad. Pero en realidad es el costo de reprocesamiento del producto defectuoso el que constituye una gran proporción del costo total de producción. En realidad, la baja calidad es lo que ocasiona alto costo. Además de los altos costos de reprocesamiento de la pieza para tornarla útil, también se tiene los altos costos asociados con clientes perdidos a los que se vendieron productos de inferior calidad.

Diagrama de Pareto: Miller (2005), plantea que el diagrama de pareto describe gráficamente la ley empírica que dice que cualquier conjunto de eventos consiste de uno pocos elementos principales y muchos secundarios, esta presentación, que ordena cada tipo de falla o defecto de acuerdo con su frecuencia, pueden identificar defectos importantes y sus causas.

Diagrama de dispersión: Miller (2005), dice que en esta clase de diagrama se advierte como los puntos están dispersos y en consecuencia sirve para orientar el trabajo que se desarrolla para encontrar la fórmula que relacionan variable dependiente con una o más variables independientes.

Diagrama para control de mediciones: Según Miller (2005), existe una estrecha relación entre el uso de diagrama de control y la prueba de hipótesis. Un punto sobre un diagrama para la media que este fuera de control corresponde a una muestra para la cual se rechaza la hipótesis nula de que la media $\mu = \mu_0$. Para ser más preciso, diríamos que la técnica de diagrama de control dan conjunto de pruebas secuenciales, temporalmente ordenadas.

Pruebas de hipótesis: Freund (2006), plantea que partiendo del análisis de prueba de hipótesis se puede decir que existen múltiples problemas, que en vez de estimar el valor de un parámetro, se debe decidir si una afirmación relativa a un parámetro es verdadera o falsa; esto es; probar una hipótesis relativa a un parámetro. Esta verosimilitud es modelada a partir de la probabilidad de que el resultado obtenido sea

observado, si la hipótesis se cumple. Se puede usar como hipótesis el hecho de que un parámetro θ sea igual a un valor hipotético θ_0 .

Existen dos posibles situaciones:

- La hipótesis nula, que es cuando se formulamos que no existen diferencias entre algo que se está analizando ($\theta = \theta_0$).
- La hipótesis alternativa, casi siempre específica que el parámetro (o cualquier otro parámetro que pueda ser de interés) no es igual ni mayor o ni menor que el valor supuesto en la hipótesis ($\theta \neq \theta_0$).

1.14. Conclusiones del capítulo 1

- Se establecieron los fundamentos teóricos-metodológicos permitiendo caracterizar el proceso.
- Se hace referencia a un procedimiento metodológico para la determinación del índice de consumo del material básico para el proceso del oxicorte manual; logrando exponer elementos necesarios para determinar la base del cálculo para esta norma.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONSUMO

2.1. Introducción

La investigación que se proyecta permite el ajuste del índice de consumo de material en el proceso de oxicorte manual de la Empresa Mecánica del Níquel. "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche". En este contexto tiene como propósito contribuir a la racionalización del consumo material y energético del proceso.

Se plantea como **objetivo** en este capítulo:

Establecer las propiedades a investigar fundamentando los métodos, procedimientos y condiciones en la que se realizarán los trabajos.

2.2. Caracterización de la empresa

Desde 1987 la Empresa Mecánica del Níquel "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche", perteneciente al MINBAS y adscripta al Grupo Empresarial Cubaníquel, abarca un área de 250 000 m², de los cuales 75 000 m² son productivos. Su estructura está compuesta por cuatro áreas de regulación y control (Direcciones de Producción, Compras, Recursos Humanos y Economía-Finanzas) y 13 Unidades Empresariales de Base dos de ellas ubicadas en la ECG, una en Nicaro y otra en Felton: UEB Reparaciones Capitales Automotriz ,UEB Reparaciones Capitales Eléctricas ,UEB Construcciones Metálicas ,UEB Maquinado ,UEB Fundición ,UEB Gases Industriales ,UEB Mecánico Central ,UEB Mantenimiento Automotriz ,UEB Nicaro ,UEB Felton ,UEB Mantenimiento ,UEB Servicios Técnicos ,UEB Seguridad y Salud Ocupacional y Calidad, (ver anexo 4) son las encargadas de las producciones de piezas fundidas, mecánicas, de estructuras metálicas, reparación de equipamiento eléctrico industrial, reparaciones de vehículos ligeros y camiones de carga pesada. Por los resultados alcanzados en la prestación de sus servicios caracterizados por la calidad y competencia le han avalado un lugar cimero en la industria metalmecánica de Cuba.

Misión y Visión de la empresa

Misión:

Mantener la disponibilidad técnica y operacional de la industria cubana del níquel, garantizando los mantenimientos y reparaciones en el tiempo previsto con calidad y bajos costos.

Visión:

Ser una organización capaz de brindar servicios de mantenimiento especializado, producción de piezas de repuestos, con una alta calidad técnica, profesional y de competitividad internacional, fundamentalmente a las empresas del Grupo Empresarial CUBANIQUEL y otras entidades.

Estos son algunos de los principales servicios según objeto empresarial aprobado por el ministro de economía y planificación:

1. Prestar servicios de reparación y mantenimiento a motores eléctricos, transformadores y turbogeneradores en pesos cubanos y pesos convertibles.
2. Ofrecer servicios de balanceo de rotores y otros equipos rotatorios en pesos cubanos.
3. Fabricar y comercializar de forma mayorista transformadores y equipamiento de soldadura por arco en pesos cubanos y pesos convertibles.
4. Ofrecer servicios de reparaciones navales a las patanas, lanchas y remolcadores de la Empresa Puerto Moa en pesos cubanos y pesos convertibles.
5. Producir y comercializar de forma mayorista estructuras metálicas, cuerpos de revolución y producciones de hojalatería, artículos de goma y plásticos y artículos de ferretería en pesos cubanos y pesos convertibles.
6. Fabricar, recuperar y comercializar de forma mayorista equipos, piezas de repuesto, partes y sus agregados en pesos cubanos y pesos convertibles.
7. Producir y comercializar de forma mayorista gases industriales en pesos cubanos y pesos convertibles.
8. Prestar servicios de diseños tecnológicos, mecánicos y eléctricos estándar o no, en pesos cubanos.

9. Brindar servicios de reparación y mantenimiento a equipos automotores, ligeros, pesados y ferroviarios sólo en los Municipios de Moa y Mayarí en pesos cubanos y pesos convertibles.
10. Ofrecer servicios de diagnóstico a equipos mecánicos y eléctricos e instalaciones a las plantas industriales, en pesos cubanos.

El presente trabajo se realiza en una de las áreas productivas, específicamente en el área de soldadura perteneciente a la UEB de construcciones metálicas, y el cual consiste en establecer un cálculo estadístico que permita proponer de forma racional y sistemática una norma de consumo para el Argón; indicador de eficiencia del proceso productivo vinculado a este aspecto.

Misión y visión de la UEB construcciones metálicas

Misión: Está destinada para garantizar la fabricación de piezas de repuestos con elaboraciones mecánica mediante corte y doblados, conformación, así como las fabricaciones de estructuras metálicas para la industria cubana del níquel y otros, bajo condiciones competitivas del mercado actual, tales como las recuperaciones de calandrias y la aplicación de limpiezas y acabados con arreglo a las exigencia del proceso. Se cuenta con la experiencia y la calificación de los trabajadores.

Visión: La UEB tiene la visión de incrementar las sustituciones de importaciones en todas las industrias del níquel mediante fabricaciones de estructuras y agregados de equipos, así como la satisfacción de las demandas de calidad de los distintos clientes, de todas las regiones.

2.3. Características de los materiales utilizados

La antorcha utilizada para los experimentos realizados presenta las características siguientes.

Características:

Soplete cortador con arresta flama incluido para ser usado con cualquier gas de combustión.

Modelo ST900FC

Marca Víctor

Cabeza de 90 grados

Capacidad de corte 1/8"-12"

Largo 79 cm (31 ")

Conexión para manguera 9/16"-18

Utiliza boquilla de la serie 101 y GPN.

Tabla 2.1. Composición química del material a cortar (acero A-515)

C	Si	Mn	Fe	Ni	Cr
0,23	0,27	0,45	98,93	0,01	0,01

2.4. Diseño del sistema de medición

De acuerdo con el criterio expuesto en el capítulo 1 en esta primera etapa del diseño del proceso de medición se deben precisar los siguientes aspectos: a que se le realiza la medición, con que se realiza la medición, quién realiza la medición, como se efectúa la medición y como se procesaran los datos.

- **Objeto de medición:** En este trabajo se tiene como objeto de medición el consumo de acetileno como del oxígeno para el corte manual con llama oxiacetilénica en el período correspondiente al año 2010 y junio del 2011, en la UEB construcciones metálicas del combinado mecánico del níquel.
- **Medio de medición:** En el proceso de determinación del consumo del acetileno como del oxígeno para el corte manual con llama oxiacetilénica se emplea una Balanza de Cuadrante con las siguientes características: modelo PH-10 Ц 13 ч, Serie 346081, año de fabricación 1982.
- **Operario que realiza la medición:** Para la obtención del consumo del acetileno como del oxígeno se empleo un operario con Categoría de Mecánico "A" de Taller, que posee la acreditación adecuada.
- **Método de medición:** Según, (Sardinas, 1986) la medición del parámetro a caracterizar se realizará de manera indirecta, pues será necesario el auxilio de cálculo para su determinación. La determinación de cada una de los términos por separado se efectuará por el método de valoración inmediata.

- **Método de cálculo:** En este caso se entiende por método de cálculo la forma en que serán procesados los datos recogidos; esto puede ser manual, semiautomático y automático. En este caso los cálculos se realizarán con el auxilio de un ordenador, por lo que se pueden clasificar en semiautomático.

2.5. Diseño del parámetro

El parámetro objeto de interés para este trabajo se obtiene a partir del despeje del siguiente modelo general:

$$C_A = K_A \cdot L \quad (2.1)$$

Donde:

C_A - Es el consumo de Acetileno (m³)

K_A - Índice de consumo de Acetileno, en m³/m

L - Es la longitud del corte, en m

$$C_{O_2} = K_{O_2} \cdot L \quad (2.2)$$

Donde:

C_{O_2} - Es el consumo de Oxígeno (m³)

K_{O_2} - Índice de consumo de Oxígeno, en m³/m

L - Es la longitud del corte, en m

$$K_A = \frac{C_A}{L} \quad (2.3)$$

$$K_{O_2} = \frac{C_{O_2}}{L} \quad (2.4)$$

Y se puede llamar a K_A y K_{O_2} en este caso como índice de consumo de Acetileno y Oxígeno respectivamente, pues es indicativo de la cantidad de Acetileno y Oxígeno que se debe suministrar para realizar el corte por cada metro del corte.

2.6. Técnica de muestreo

La tarea principal de este apartado es definir una muestra lo más pequeña posible con la mayor representatividad. En este caso se procedió de la siguiente forma:

- Se fija el tamaño de la muestra y se determina la posición espacio-temporal (o de otro tipo) que maximice la representatividad.

Aquí se utilizó el muestreo aleatorio simple utilizando las expresiones de cálculos recomendadas por (Miller, 2005).

2.6.1. Muestreo aleatorio simple

Este procedimiento se aplica con el objetivo de determinar el tamaño de la muestra mínimo, que permita tener en cuenta las posibilidades de analizar de una manera más eficiente los datos. El tamaño de la muestra se determinó tomando como referencia el siguiente cálculo:

$$n = \left(Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{E} \right)^2 \quad (2.5)$$

Donde:

$Z_{\alpha/2}$ – Es el estadístico de la distribución normal,

α – Es el nivel de significancia

σ – Es la desviación típica poblacional

E- Es el error máximo de estimación

Considerando las siguientes aproximaciones, para el cálculo:

$$\sigma = E \quad \alpha = 0,1 \quad \text{Entonces} \quad Z_{\alpha/2} = 1,645$$

Es decir un error máximo de estimación (E) igual a la desviación típica (σ) y un nivel de confianza del 90%, se decide:

$$n = \left(Z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{E} \right)^2 = (1,645)^2 = 3$$

Esto indica el tamaño mínimo que debe tener la muestra total para que los resultados sean representativos del proceso objeto de estudio. Ahora bien hay que tener en cuenta los criterios siguiente: mayor representatividad, menor costo, mayor productividad para que el muestreo sea eficiente.

Los datos recogidos teniendo en cuenta el cálculo anterior, los criterios mencionados; así como las posibilidades reales del proceso se muestran a continuación en el anexo 2.

2.7. Técnica de análisis exploratorio

Para dar información vital necesaria para resolver problemas de ingeniería, se necesita reunir datos, esos datos se deben describir y tener en cuenta para producir información resumida. Con frecuencia, las representaciones gráficas pueden ser el medio más eficaz de comunicar esa información. Para analizar los datos obtenidos durante las mediciones del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno se aplicará una de estas técnicas gráficas, se presentará en este apartado los aspectos analíticos de la técnica del diagrama para control de mediciones.

2.7.1. Diagrama para control de mediciones

El análisis estadístico de la medida de la tendencia central se efectuó aplicando las expresiones matemáticas que se referencian a continuación, (Miller, 2005).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n} \quad (2.6)$$

$$X, \text{m}á\text{x} = \bar{X} + Z_{\alpha/2} \cdot S \quad (2.7)$$

$$X, \text{m}í\text{n} = \bar{X} - Z_{\alpha/2} \cdot S \quad (2.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.9)$$

Donde:

\bar{X} – Es la media aritmética del consumo de Acetileno, y de Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \text{med} - KO_2, \text{med}$), en m³/m.

$X, \text{m}á\text{x}$ – Es el límite superior de tolerancia para el consumo de Acetileno, y de Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \text{m}á\text{x} - KO_2, \text{m}á\text{x}$)

$X, \text{m}í\text{n}$ – Es el límite inferior de tolerancia para el consumo de Acetileno, y de Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \text{m}í\text{n} - KO_2, \text{m}í\text{n}$), en m³/m.

Z- Es el estadístico de la distribución probabilística de Gauss

S- Es la desviación típica.

n – Es el total de observaciones.

α - Es el nivel de significancia.

2.8. Pruebas de hipótesis

Existen múltiples problemas en los cuales, en vez de estimar el valor de un parámetro, debemos decidir si una afirmación relativa a un parámetro es verdadera o falsa; esto es debemos probar hipótesis relativa a un parámetro. Por ejemplo, en un trabajo de control de calidad una muestra aleatoria puede servir para determinar el hecho de que la media del proceso (con base en una clase determinada de medición) ha permanecido inalterable o bien si ha cambiado a tal grado que el proceso esté fuera de control y tenga que hacerse ajuste.

En este caso, se necesita comprobar si el conjunto de datos está generado por una variable aleatoria distribuida normalmente. Cabe destacar que la distribución normal puede servir para modelar la variación de algunas cantidades. Además, muchos procedimientos estadísticos usados necesitan que la distribución de la probabilidad sea casi normal.

2.8.1. Prueba χ^2 para verificar normalidad

Esta prueba se basa en la comparación entre la distribución de frecuencia observada con los valores correspondientes de la distribución esperada o teórica. Para probar si la discrepancia entre la frecuencia observada y la esperada puede atribuirse al azar, se empleará en este caso la distribución Ji – cuadrada, (Miller, 2005); la cual se expresa por medio del siguiente estadístico.

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i} \quad (2.10)$$

Donde:

O_i - Es la frecuencia observada

e_i - Es la frecuencia esperada en base a la distribución normal

La distribución muestral de este estadístico es aproximada por la distribución Ji – cuadrada, y para la prueba de bondad de ajuste relativa a la normalidad toma $K - 3$ grados de libertad. Donde K es el número de términos en el estadístico Ji – cuadrada.

Los pasos metodológicos para efectuar la prueba de hipótesis relativa a la normalidad, se basa en el criterio Ji – cuadrada y se muestran a continuación.

Determinación de la frecuencia observada

La determinación de la frecuencia observada se muestra en la siguiente tabla 2.1 y tabla 2.2 de frecuencia para el Acetileno, y el Oxígeno respectivamente.

Tabla 2.1 Tabla de frecuencia observada para el Acetileno

Límite de clase	O_i
0,0245 – 0,0987	55
0,0987 – 0,1729	2
0,1729 – 0,2471	0
0,2471 – 0,3213	0
0,3213 – 0,3955	2

Tabla 2.2 Tabla de frecuencia observada para el Oxígeno

Límite de clase	O_i
0,1550 - 0,3949	34
0,3949 - 0,6348	14
0,6348 - 0,8747	7
0,8747 - 1,1146	2
1,1146 - 1,3546	2

Determinación de las probabilidades

La determinación de las probabilidades de que una variable aleatoria tome valores dentro de un cierto rango de valores se puede realizar por medio de la siguiente expresión, (Miller, 2005).

$$P(a < x < b) = F(b) - F(a) = F\left(\frac{b - \mu}{\sigma}\right) - F\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.11)$$

Donde:

a y b- Son los valores del límite inferior y superior del intervalo, respectivamente.

μ – Es la media poblacional

σ – Es la desviación típica poblacional

Determinación de la frecuencia esperada

Los resultados de la determinación de la frecuencia esperada se muestran en las siguientes tablas 2.3, y 2.4.

Tabla 2.3 Tabla de frecuencia esperada para el Acetileno

Límite de la clase	ei = Pi * n
0,0245 – 0,0987	40,4635
0,0987 – 0,1729	0,4502
0,1729 – 0,2471	0
0,2471 – 0,3213	0
0,3213 – 0,3955	0,0001

Tabla 2.4 Tabla de frecuencia esperada para el Oxígeno

Límite de la clase	$e_i = P_i * n$
0,1550 - 0,3949	14,3038
0,3949 - 0,6348	4,5906
0,6348 - 0,8747	1,3188
0,8747 - 1,1146	0,1096
1,1146 - 1,3546	0,0148

Comprobación de la hipótesis nula

1. **Hipótesis (Ho):** Las variables tienen un comportamiento normal

Hipótesis (H1): Las variables no tienen un comportamiento normal

2. **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.01$

3. **Criterio:**

- La hipótesis nula se rechaza si $\chi^2 > 135,807$, este es el valor de χ^2 en $K - 3 = 104 - 3 = 101$ grado de libertad para el Acetileno así como para el Oxígeno.

4. **Cálculo:**

El valor de χ^2 se determina por medio de la expresión, (2.10).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

5. **Decisión:**

Este consiste en aceptar o rechazar la hipótesis nula para el nivel de significancia adoptado, se hace sobre la base del criterio.

2.9. Intervalo de confianza

El objetivo de esta sección es determinar el rango de valores para el índice de consumo de Acetileno y de Oxígeno de tal manera que puedan seleccionarse los que aseguren mejor eficiencia y eficacia en la toma de decisiones por parte de los operarios y directivo afines; tomándolo en principio como norma.

Para el desarrollo de este apartado se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en las secciones precedentes.

2.9.1. Intervalo de confianza para la media de KC2H2, KO2

Puesto que el tamaño de la muestra correspondiente es 104, la muestra se clasifica como muestra grande y por tanto el intervalo de confianza para la media de KC2H2, KO2 viene dado por las siguientes expresiones, (Miller, 2005).

$$X, \bar{m}áx = \bar{X} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.12)$$

$$X, \bar{m}ín = \bar{X} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.13)$$

Z- Es el estadístico de la distribución probabilística de Gauss

n- es el tamaño de la muestra

Antes de aplicar las expresiones 2.12 y 2.13 se debe aplicar este procedimiento eliminando valores.

1.- Para el conjunto de valores obtenidos en la medición se calculan \bar{X} y S (teniendo en cuenta en estos cálculos incluso aquellos valores considerados sospechosos).

2.- Se establece el intervalo dado por la ecuación $X, \bar{m}áx = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \cdot S$ y se elimina por considerarse como anormales todos los valores que queden fuera del intervalo establecido.

3.- Se realizan nuevamente los cálculos necesarios para expresar el resultado elaborado o final, sin considerar como es lógico, los valores anormales.

El nivel de confianza para al aseguramiento de la condición de normalidad se escogió para este trabajo de un 99 % y el tamaño de la muestra a considerar es 104.

2.9.2. Intervalos de confianza para KC2H2, KO2 en base al método de mínimo cuadrado

El método de mínimo cuadrado se expresa por el siguiente sistema de ecuaciones normales, que tienen muchas propiedades convenientes (Miller, 2005).

Ecuaciones normales del método

$$\sum_{i=1}^n Y_i = a \cdot n + b \cdot \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i = a \cdot \sum_{i=1}^n X_i + b \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2$$

Donde:

X_i – Es la variable que adquiere los valores de las longitudes del corte (L), en m

Y_i – Es la variable que adquiere los valores de los consumos de Acetileno y Oxígeno respectivamente ($C_{C_2H_2}$ y C_{O_2}), en m³/m

En este conjunto de ecuaciones lineales a y b son las incógnitas, y da los valores de la a y b para la línea con el mejor ajuste a un conjunto de datos apareados de acuerdo con el criterio de mínimos cuadrados.

Este sistema de ecuaciones tiene como solución las siguientes expresiones para el cálculo de a y b.

$$a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X} \quad (2.15)$$

Donde:

\bar{Y} – Es el promedio aritmético de las observaciones referidas a la ordenada.

$$b = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \quad (2.16)$$

Notaciones especiales:

$$S_{XX} = \sum_{i=1}^n \left(X_i - \bar{X} \right)^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n} \quad (2.17)$$

$$S_{XY} = \sum_{i=1}^n \left(X_i - \bar{X} \right) \cdot \left(Y_i - \bar{Y} \right) = \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (2.18)$$

Intervalos de confianza para los coeficientes de regresión

$$a \pm t_{\alpha/2} \cdot Se \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{S_{XX}}} \quad \text{Con } \nu = n - 2 \text{ grados de libertad} \quad (2.19)$$

$$Y \quad b \pm t_{\alpha/2} \cdot Se \cdot \frac{1}{\sqrt{S_{XX}}} \quad \text{Con } \nu = n - 2 \text{ grados de libertad} \quad (2.20)$$

$$Se_e^2 = \frac{S_{YY} - (S_{XY})^2 / S_{XX}}{n - 2} \quad (2.21)$$

Donde:

Se – Es el error estándar de estimación.

$$S_{YY} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n} \quad (2.22)$$

2.10. Ahorro por concepto de racionalización de material

Unas de las actividades fundamentales de los ingenieros en los sistemas productivos es la planeación de los procesos y en ellos debe cuidar que la producción sea económica y eficiente. Este profesional adquiere un conjunto de responsabilidades, de las cuales deberá siempre estar pendiente.

El ahorro por la vía de la racionalización de la materia prima empleada en un proceso puede verse influenciada por la adopción de normas adecuadas; que tengan en cuenta las condiciones específicas concreta de cierta entidad. El estimado del ahorro por este proceder se puede hallar teniendo en cuenta la siguiente expresión, (Cuenca, 2011).

$$A = \left(\bar{K}_{med} - \bar{K}_{min} \right) \cdot Q_u \quad (2.23)$$

Donde para el caso específico que nos ocupara, los parámetros se definen de la siguiente forma.

Q_u – Es el costo unitario expresado en, (Unidades monetarias/m³ de Acetileno así como del Oxígeno)

\bar{K}_{med} – Es el índice de consumo medio de Acetileno así como del Oxígeno, en m³/m del corte

\bar{K}_{min} – Es el índice de consumo mínimo de Acetileno así como del Oxígeno, en m³/m del corte

2.11. Conclusiones del capítulo 2

1.- Se diseñó el proceso de medición, quedando establecido los elementos del sistema de medición, el parámetro a medir; así como los elementos teóricos para el establecimiento de las tolerancias e intervalos de confianza para el índice de consumo de acetileno así como de oxígeno.

2.- Quedó establecida la metodología de cálculo para la determinación del índice de consumo de acetileno y oxígeno para el oxicorte manual en la en la Empresa Mecánica del Níquel. "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche"

CAPÍTULO III

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Introducción

Las operaciones de cortes utilizan gases que dependen de muchos factores técnico-económico y socio ambientales. Se deben hacer esfuerzo para reducir la cantidad de material requerido para cada corte, conforme con los requerimientos de calidad. El análisis del consumo de Acetileno y Oxígeno para el oxicorte manual y la elaboración de normas racionales pueden proveer oportunidades para minimizar costos.

El objetivo del capítulo es:

Realizar el análisis crítico de los resultados y a través de ello, establecer el procedimiento para la determinación de la norma de consumo de Acetileno y Oxígeno.

3.2- Análisis del diagrama para control de mediciones

Cuando la variabilidad de un proceso de producción se reduce a la variación aleatoria, se dice que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico. Tal estado casi siempre se logra encontrando y eliminando los problemas que causan otra clase de variación, denominada variación asignable, que puede deberse a operadores muy mal entrenado, a materia prima de pésima calidad, maquinaria con instalaciones defectuosas, a piezas mecánicas desgatadas y a otras causas semejante. Como es muy raro que los procesos de fabricación estén exentos de estas clase de problema, es importante contar con algún métodos sistemático para detectar desviaciones seria de un estado de control estadístico cuando ocurre o si es posible ante de que ocurra. Esto es la principal razón por lo cual se utilizan los diagrama de control o carta de control. La habilidad para leer el diagrama de control y determinar a partir de ellos exactamente que acción correctiva deberían emprenderse requiere experiencia y juicio muy desarrollado. Un ingeniero de control de la calidad no solo debe entender el fundamento estadístico de su materia sino también tener mucha familiaridad con el proceso mismo.

En la industria se acostumbra valerse de límites tres signo obtenido al sustituir 3 por $Z_{\alpha/2}$. Con los límites tres sigma se tiene una gran confianza de que el proceso no será declarado fuera de control cuando en realidad esta bajo de control. Esta sustitución es

valida cuando la muestra se considera grande; esto es mayor o igual que 30. Cuando la muestra es pequeña se sustituye el estadístico $Z_{\alpha/2}$ por el estadístico $t_{\alpha/2}$.

A continuación se muestra en la Figura (3.1) el diagrama de control para mediciones construido bajo tal concepción, utilizando los datos contenidos en el anexo 2 y las ecuaciones 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.

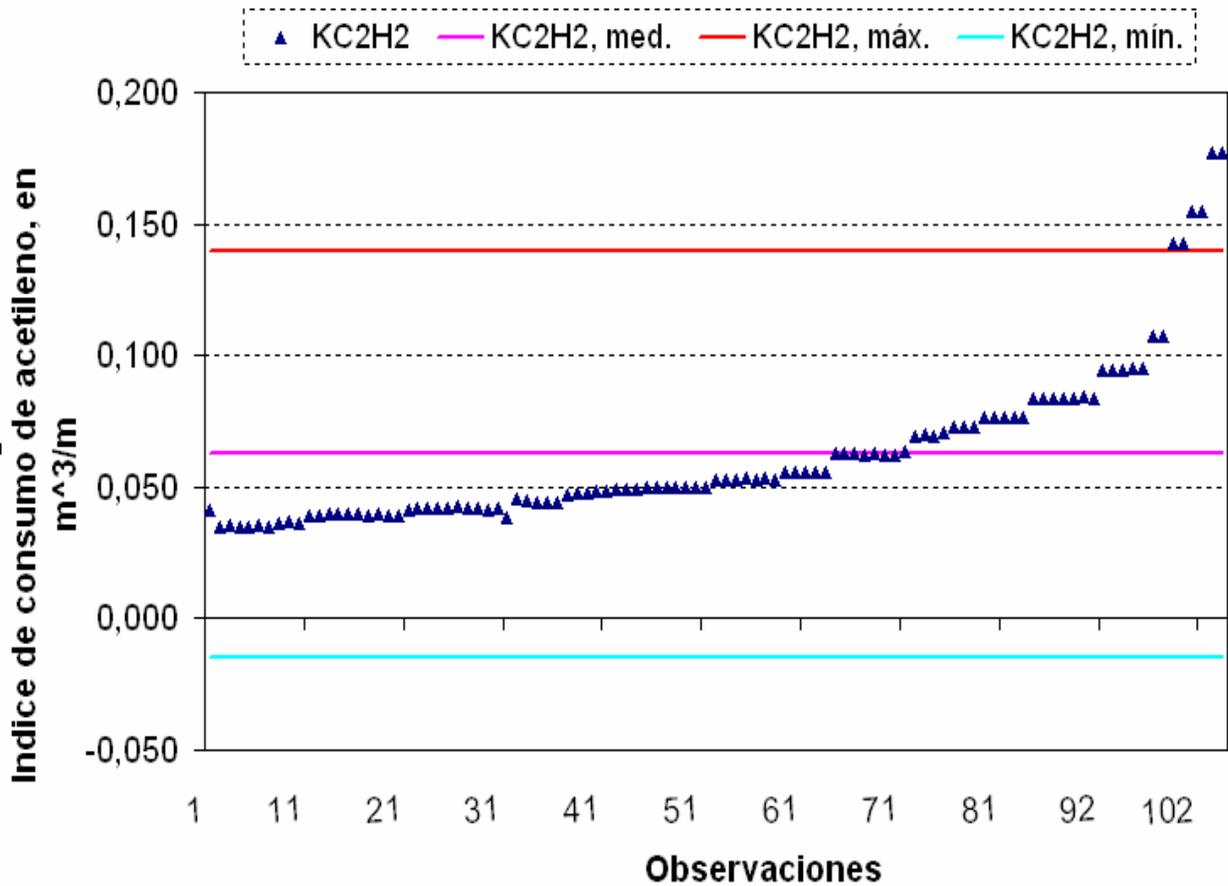


Fig.3.1. Diagrama para control de mediciones referido al índice de consumo de Acetileno

La inspección de la figura anterior revela que existen 6 valores fuera de los límites de control. Por lo que se requiere de un análisis minucioso de las causas que están provocando las variaciones del índice de consumo de Acetileno.

Los límites de tolerancia para el índice de consumo de Acetileno son:

Límite inferior = -0,015m³/m y el **Límite superior** es de 0,140 m³/m; para un nivel de confianza del 99 % ($Z_{0.005} = 2,575$) y un **valor promedio** para el índice de consumo de

Acetileno igual a 0,063 m³/m. Esto significa que cada observación que se realice del índice de consumo de Acetileno, bajo condiciones similar a las de el muestreo realizado, tiene una probabilidad del 99 % de que su valor este en este rango.

El amplio ancho de la banda de tolerancia definido esta influenciado por el tamaño de la muestra seleccionado y el nivel de confianza especificado. Estos niveles se definen sobre la base de las posibilidades reales del proceso productivo dada por el volumen de producción y las características del parque tecnológico.

La Figura (3.2) muestra el diagrama de control para mediciones construido para el índice de consumo de oxígeno, empleando los datos contenidos en el anexo 2 y las ecuaciones 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.

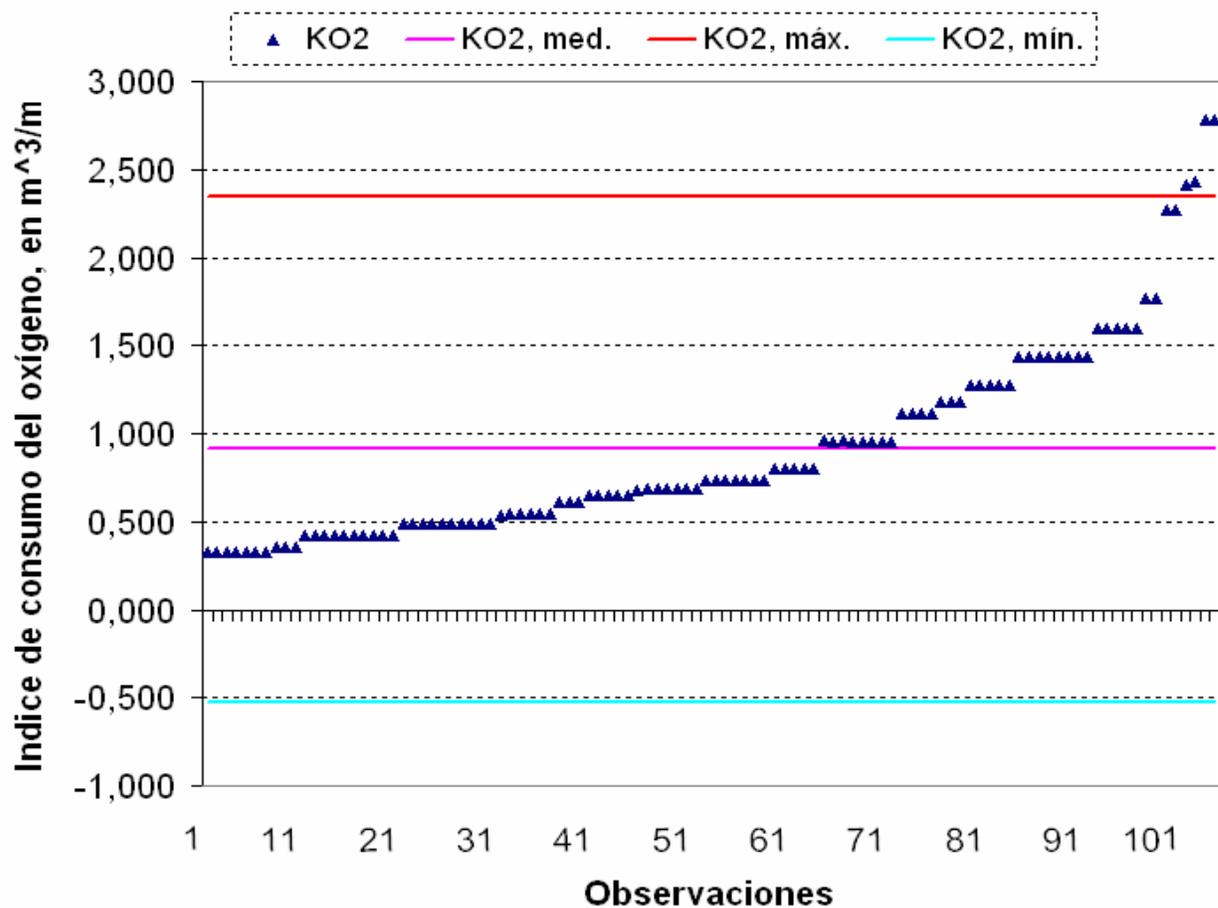


Fig.3.2. Diagrama para control de mediciones referido al índice de consumo de Oxígeno

Al observar la figura anterior se revela que existen 4 valores fuera de los límites de control. Esto indica que se requiere de un análisis minucioso de las causas que están provocando las variaciones del índice de consumo.

Los límites de tolerancia para el índice de consumo de Oxígeno son:

Límite inferior = -0.522 m³/m y el **Límite superior** es de 2,342 m³/m; para un nivel de confianza del 99 % ($Z_{0.005} = 2,575$) y un **valor promedio** para el índice de consumo de Oxígeno igual a 0,910 m³/m. Esto significa que cada observación que se realice del índice de consumo de Oxígeno, bajo condiciones similar a las de el muestreo realizado, tiene una probabilidad del 99 % de que su valor este en este rango.

La selección del tamaño de la muestra y el nivel de confianza especificado están determinados por la tolerancia seleccionada. Estos niveles se escogen sobre la base de las posibilidades reales del proceso productivo dada por el volumen de producción y las características del parque tecnológico.

3.3. Análisis de la prueba χ^2 para verificar normalidad

La realización de la prueba χ^2 lleva implícito el cálculo de que la variable analizada tome un valor dentro de los intervalos de valores definidos por los límites de la clase. Los resultados se obtienen aplicando la ecuación 2.10; se muestran en los gráficos siguientes.

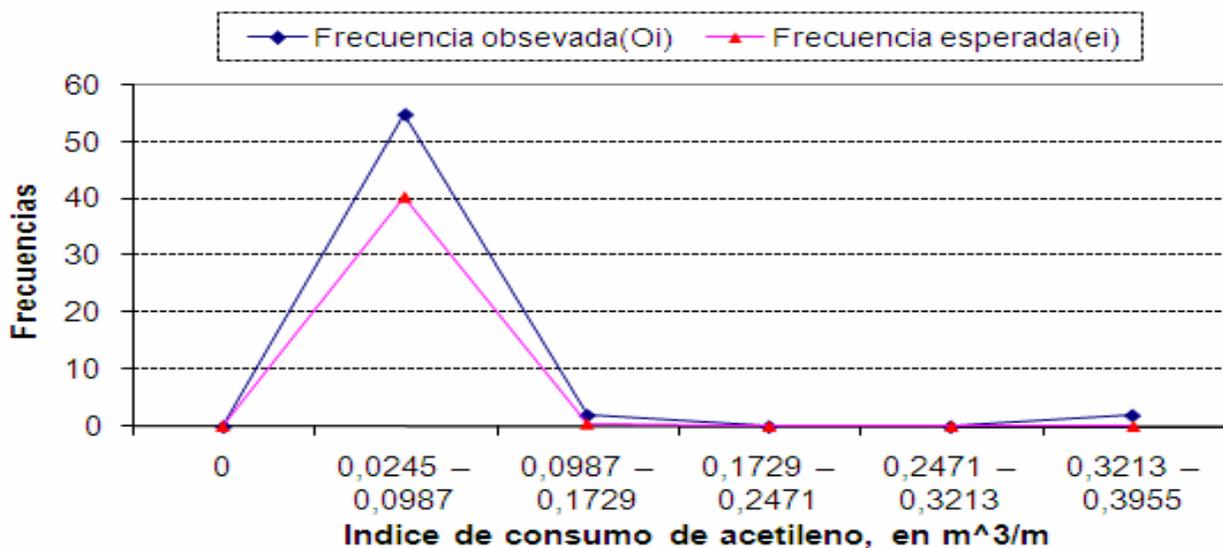


Fig.3.3. Histograma de frecuencia relativo al índice del consumo de acetileno

Los resultados anteriores mostrados indican el rango de valores más y menos probable para la variable. El rango más probable es el siguiente, **Límite inferior** 0,1729 m³/m y **Límite superior** 0,3955 m³/m; con una probabilidad de 40,4635 %. Y el menos probable, **Límite inferior** 0,1729 m³/m y **Límite superior** 0,3955 m³/m; con una probabilidad de 0,0001 %. Además se advierten la presencia de asimetría en los datos, puesto que la parte izquierda del diagrama relativo a la media presenta mayor frecuencia.

Al aplicar la ecuación 2.10 se decide que debido a que χ^2 para el acetileno es igual a 67346,625 es mayor que 135,807 la hipótesis nula se rechaza, por lo que se concluye que la variable no muestra un comportamiento normal. Esto se suponía ya que la observación del diagrama de control para mediciones indicaba los seis valores anormales.

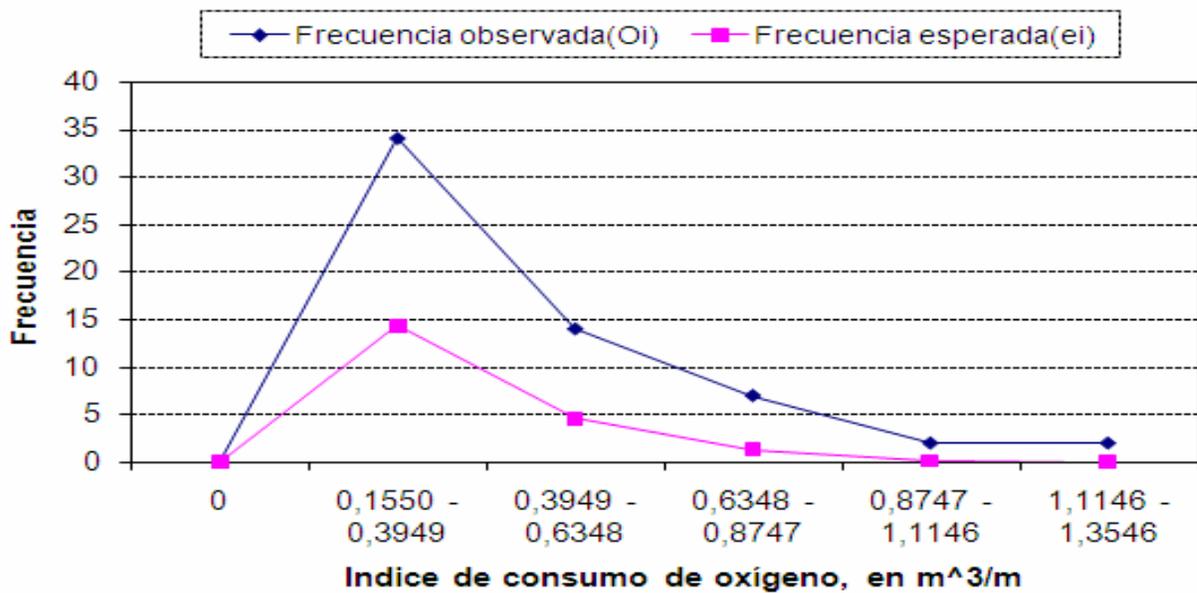


Fig.3.4. Histograma de frecuencia relativo al índice del consumo de oxígeno

Los resultados anteriores mostrados indican el rango de valores más y menos probable para la variable. El rango más probable es el siguiente, **Límite inferior** 0,1550 m³/m y **Límite superior** 0,3949 m³/m; con una probabilidad de 14,304 %. Y el menos probable, **Límite inferior** 1,1146 m³/m y **Límite superior** 1,3546 m³/m; con una probabilidad de 0,0148 %. Se advierten la presencia de anomalías en los datos, puesto que la parte izquierda del diagrama relativo a la media tiene mayor frecuencia. Al aplicar la ecuación

2.10 se decide que debido a que χ^2 para el oxígeno es igual a 337,167 es mayor que 135,807 la hipótesis nula se rechaza, por lo que se concluye que la variable no muestra un comportamiento normal. Esto era de esperar puesto que la prueba de Gauss expuesta en el diagrama de control para mediciones revelaba la existencia de cuatros valores anormales.

3.4. Análisis de los intervalos de confianza para la media de KC2H2, KO2

Para evitar confusiones cabe señalar que existe una diferencia esencial entre los límites de confianza y los de tolerancia. Mientras que los límites de confianza se emplean en la estimación de un parámetro de una población, los límites de tolerancia indican entre que límites puede encontrarse cierta proporción de una población. Esta distinción la recalca el hecho de que; cuando n se hace grande, la longitud de un intervalo de confianza se aproxima a cero; en cambio los límites de tolerancia se aproximan a los valores correspondientes a la población.

Puesto que la muestra a la que se le aplica el tratamiento estadístico es grande los límites de tolerancia aseguran en buen estimado de los parámetros poblacionales, por lo que no se hace necesario emplear el concepto de intervalo de confianza expuesto en las expresiones 2.12 y 2.13. No obstante a eso se ilustrará la diferencia entre el límite de tolerancia y el intervalo de confianza

Los resultados derivados de la aplicación de las expresiones para la determinación de los intervalos de confianza se muestran en la figura 3.5.

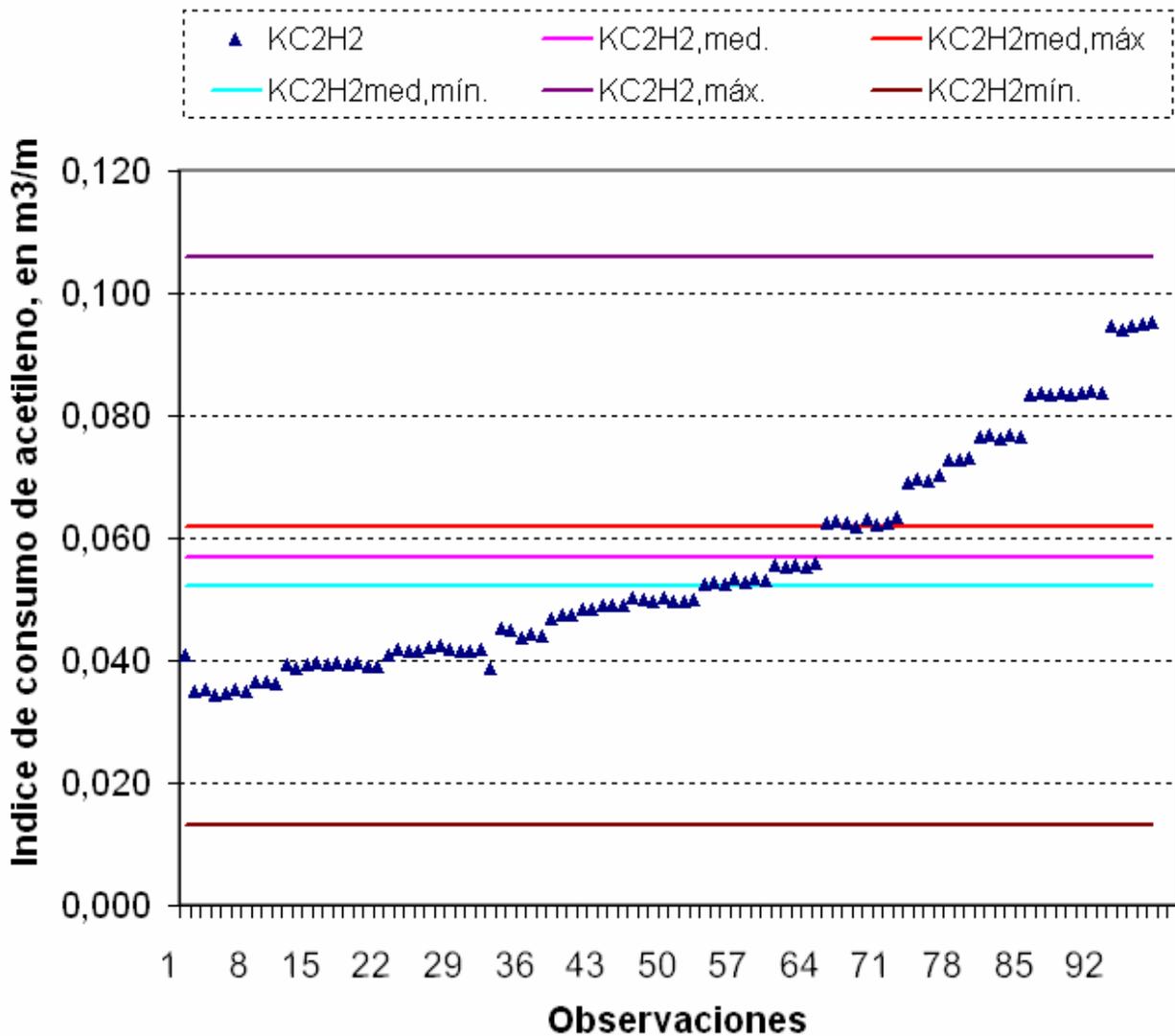


Fig.3.5. Diagrama para control de mediciones ajustado, referido al índice de consumo de Acetileno

El intervalo de confianza para el índice de consumo de Acetileno son: **Límite inferior** 0,052 m³/m y el **Límite superior** es de 0,062 m³/m; para un nivel de confianza del 99 % ($Z_{0,005} = 2,575$) y un **valor promedio** para el índice de consumo de Acetileno igual a 0,057 m³/m. Esto significa que el promedio de un conjunto de observaciones que se realicen del índice de consumo de Acetileno, bajo condiciones similar a las de el muestreo realizado, tiene una probabilidad del 99 % de que su valor este en dicho rango.

Aplicando las expresiones para la determinación de los intervalos de confianza se muestran los resultados derivados en la figura 3.6.

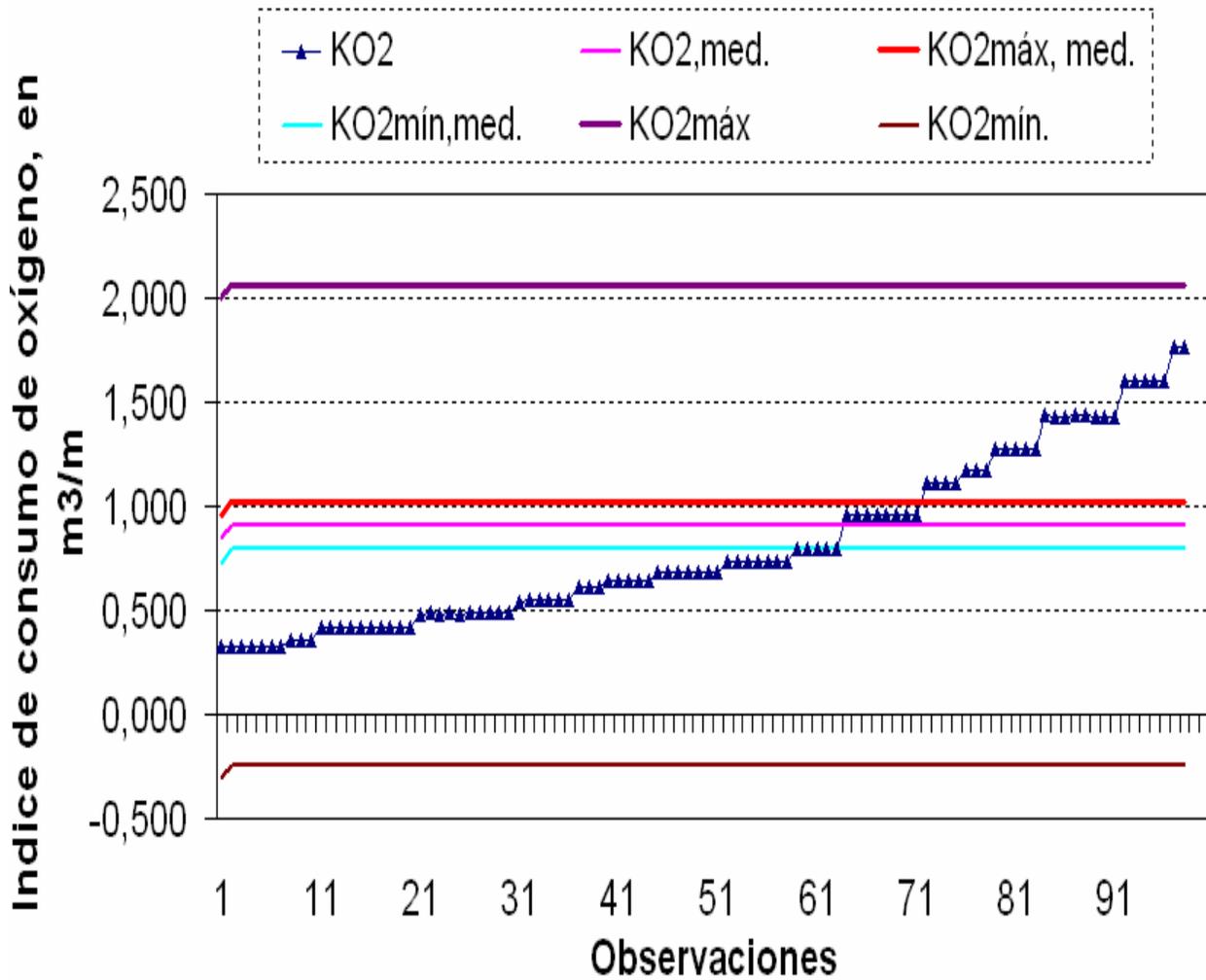


Fig.3.6. Diagrama para control de mediciones ajustado, referido al índice de consumo de Oxígeno

El intervalo de confianza para el índice de consumo de Oxígeno son: **Límite inferior** 0,728 m³/m y el **Límite superior** es de 0,958 m³/m; para un nivel de confianza del 99 % ($Z_{0,005} = 2,575$) Y un **valor promedio** para el índice de consumo de Oxígeno igual a 0,843 m³/m. Esto significa que el promedio de un conjunto de observaciones que se realicen del índice de consumo de Oxígeno, bajo condiciones similar a las de el muestreo realizado, tiene una probabilidad del 99 % de que su valor esté en dicho rango.

Al observar las figuras 3,5 y 3,6 se puede apreciar que los límites de tolerancia son más apropiado para tener como criterio para la toma de decisiones relativo al índice de

consumo, puesto que se corresponden más adecuadamente con los valores obtenidos durante el proceso de medición; es decir son más incluyentes.

3.5. Análisis del intervalo de confianza para $K_{C_2H_2}$, en base al método de mínimo cuadrado

En esta sección se utiliza la experiencia en la determinación del rango de valores para $K_{C_2H_2}$, K_{O_2} con el módulo computarizado de regresión, producto del tratamiento sistémico del diseño realizado. Como se sabe esto se hace basado en el método de mínimo cuadrado ecuaciones 2.14-2.22 y se examina tres criterios: el criterio del coeficiente de correlación, el criterio de Fisher y el criterio de Student (prueba t). Dicho de otra manera se trata de ajustar una curva con el método de mínimo cuadrado al conjunto de datos de la muestra. Los resultados obtenidos para el Acetileno y el Oxígeno se muestran a continuación, en la figura 3.7 y 3.8, y en la tabla 3.1 y 3.2 respectivamente.

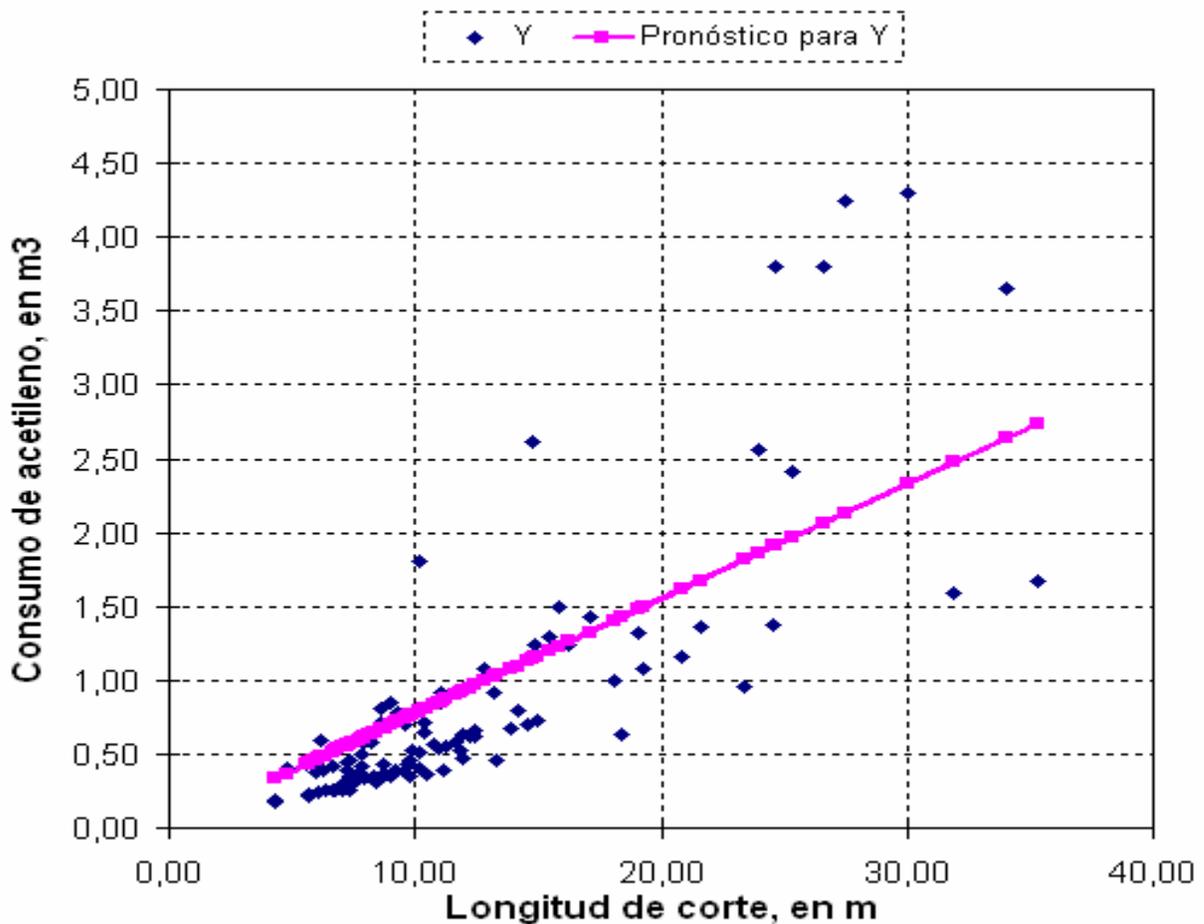


Figura .3.7. Gráficos de la regresión del consumo de Acetileno respecto a la longitud del corte

Tabla 3.1. Intervalos de confianza para el coeficiente de regresión b

Valor del coeficiente b, en m ³ /m	Intervalo de confianza de b, para un nivel de confianza del 95 % , en m ³ /m	Intervalo de confianza de b, para un nivel de confianza del 99 % , en m ³ /m
0,078	0,070 – 0,085	0,067 – 0,088

Coeficiente de correlación: $r=0,89$ **Ficher:** $F_{cal} = 406,69$; $F_{crítico} = 2,257 \cdot 10^{-37}$

Probabilidad del fallo: $P = 1,504 \cdot 10^{-37}$

Y, con los criterios que permiten juzgar la bondad del ajuste puede plantearse lo siguiente:

- En base al coeficiente de correlación se determina que el 89 % de las variaciones del consumo de Acetileno pueden explicarse a partir de las variaciones de la longitud del corte, con el ajuste lineal seleccionado.
- En base al criterio de Ficher puede indicarse que el modelo ajustado sigue la tendencia de la curva ajustada a los datos observados, pues el Ficher calculado es $F_{cal} = 406,69$ y el Ficher crítico es de $F_{crit} = 2,257 \cdot 10^{-37}$; en otra palabra el ficher calculado es mayor que el Ficher crítico.
- En base al criterio de student o prueba t se puede plantear que el ajuste es significativo, pues existe una probabilidad del fallo sumamente pequeña ($P = 1,504 \cdot 10^{-37}$).

Del análisis realizado en base al método de mínimo cuadrado se puede plantear que el modelo ajustado a los datos puede escribirse de la forma siguiente:

$$C_{C_2H_2} = 0,078 \cdot L$$

3.6. Análisis del intervalo de confianza para K_{O_2} , en base al método de mínimo cuadrado

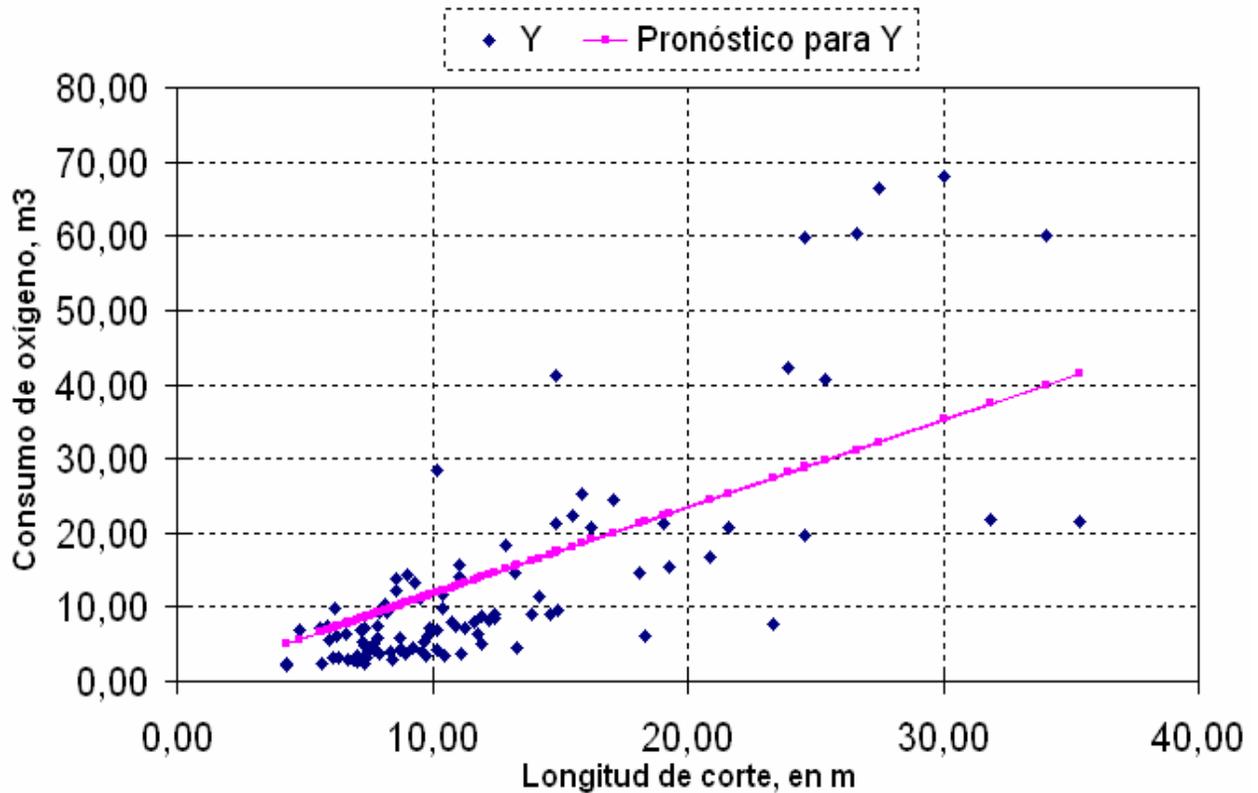


Figura.3.8. Gráficos de la regresión del consumo de Oxígeno respecto a la longitud del corte

Tabla 3.2. Intervalos de confianza para el coeficiente de regresión b

Valor del coeficiente b, en m3/m	Intervalo de confianza de b, para un nivel de confianza del 95 % , en m3/m	Intervalo de confianza de b, para un nivel de confianza del 99 % , en m3/m
1,173	1,038 – 1,307	0,994 – 1,351

Coefficiente de correlación: $r=0,86$ **Ficher:** $F_{cal} = 297,66$:
 $F_{critico} = 5,146 \cdot 10^{-32}$

Probabilidad del fallo: $P = 3,764 \cdot 10^{-32}$

Y, con los criterios que permiten juzgar la bondad del ajuste puede plantearse lo siguiente:

- En base al coeficiente de correlación se determina que el 86 % de las variaciones del consumo de Oxígeno pueden explicarse a partir de las variaciones de la longitud del corte, con el ajuste lineal seleccionado.
- En base al criterio de Fisher puede indicarse que el modelo ajustado sigue la tendencia de la curva ajustada a los datos observados, pues el Fisher calculado es $F_{cal} = 297,66$ y el Fisher crítico es de $F_{crit} = 5,146 \cdot 10^{-32}$; en otra palabra el Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico.
- En base al criterio de Student o prueba t se puede plantear que el ajuste es significativo, pues existe una probabilidad del fallo sumamente pequeña ($P = 3,764 \cdot 10^{-32}$).

Del análisis realizado en base al método de mínimo cuadrado se puede plantear que el modelo ajustado a los datos puede escribirse de la forma siguiente:

$$C_{O_2} = 1,173 \cdot L$$

3.7. Estratificación del índice de consumo del Acetileno y del Oxígeno por espesores

Para mejorar el coeficiente de correlación relativo al consumo del Acetileno y del Oxígeno respecto a la longitud de corte se procede a realizar el análisis específico para cada espesor, aplicando el método de mínimo cuadrado, operando con un nivel de confianza del 99%, véase anexo 3.

Al realizar el análisis específico para cada espesor, aplicando el método anteriormente mencionado, operando con un nivel de confianza del 99% se tiene como resultado que en todos los casos el coeficiente de correlación es superior a 0,98%.

3.8. Análisis del impacto ambiental

El desarrollo sostenible de la humanidad constituye una constante preocupación para la sociedad. La existencia de una metodología de cálculo para determinar el índice de consumo de material básico en los procesos de corte constituye, sin dudas, un singular aporte al desarrollo sostenible de la sociedad. En tal sentido, al precisar la cantidad de material, las operaciones tecnológicas y el valor de consumible, se logra minimizar la

cantidad de recursos y destinar solamente aquellos que resultan indispensables para el proceso. Esto contribuye al necesario aprovechamiento racional de los recursos materiales y humanos y a optimizar la tecnología.

En el taller se consume una gran cantidad de energía eléctrica, la cual se toma de la red nacional convirtiéndose en gasto de combustible y contaminación atmosférica debido al proceso de combustión para generar energía.

Afectaciones para el hombre

Inhalación de Acetileno: Provoca asfixia al desplazar al oxígeno en espacio cerrado. A bajas concentraciones es poco tóxico, en concentraciones altas puede causar inconsciencia y muerte, puede irritar los ojos y la piel debido a la acetona que contiene este gas. Una atmósfera respirable con baja concentración de oxígeno puede provocar dificultad respiratoria, letargo, mareo, sueño, dolor de cabeza, ruidos en los oídos, pérdida de la conciencia, náuseas, vómito y depresión de los sentidos. En casos extremos sobreviene la muerte, el acetileno tiene efecto anestésico.

Contacto con la piel: El acetileno por lo general no es irritante, pero cualquier contacto con la acetona que contiene puede causar irritación ligera, por lo que se hace necesario cumplir las normas de seguridad.

Seguridad de uso

- Evitar golpes en la máquina.
- No utilizar herramientas que no sean apropiadas para manipularla.
- Nunca montar ni desmontar la boquilla en caliente.
- No engrasar los manorreductores.
- Nunca utilizar una manguera que haya sido utilizada por otro gas.
- Realizar los empalmes según diga el fabricante.

Vigilar el salto de las chispas las proyecciones de material fundido.

Seguridad personal

Para la ejecución de esta soldadura es recomendable utilizar la siguiente protección:

- Guantes.

- Gafas de seguridad.
- Polainas.
- Delantal.
- Careta (protección facial).

3.9. Análisis del impacto económico financiero

La metodología propuesta constituye una herramienta importante en la toma de decisiones sobre el análisis y selección de posibles alternativas para el presupuesto de tecnologías de corte. Si bien la no existencia de tal metodología presupone la aplicación de métodos empíricos que dan solución parcial a la problemática de la determinación de la cantidad de material básico a suministrar para la obtención de cierta longitud de corte; estas decisiones pueden ser arbitrarias e inapropiadas con la política de la empresa.

Como consecuencia, se ha intensificado la aplicación del uso de la informática y la contabilidad como instrumentos de dirección.

La crisis económica por la que atraviesa el mundo conjuntamente con las limitaciones propias de la economía cubana recrudescida con el bloqueo económico, exigen de la búsqueda de alternativas que garanticen una mejor organización y planificación de la actividad económica en el sentido de la minimización de los costos de producción.

Bajo estas premisas, la metodología de cálculo propuesta permite definir la cantidad de Acetileno y Oxígeno necesario para el proceso de corte manual con llama oxiacetilénica. Lo que se puede expresar en término cuantitativo como un ahorro por concepto de racionalización del consumo de Acetileno y Oxígeno.

El análisis económico financiero se realiza aplicando la ecuación 2.23. Al evaluar la expresión para la determinación del ahorro por concepto de menos material suministrado se obtiene la cifra de 0,0182CUC / m a cortar para el Acetileno. Esto es teniendo que el costo unitario del Acetileno es de 1,656 CUC/m³ y que los índices de consumo medio y mínimo son 0,078 y 0,067 m³/m, respectivamente.

Para el Oxígeno la determinación del ahorro por concepto de menos material suministrado es de 0,0902CUC / m a cortar. Teniendo que el costo unitario del Oxígeno

es de 0,504CUC/ m³ y que los índices de consumo medio y mínimo son 1,173 y 0,994 m³/m, respectivamente.

Teniendo en cuenta los criterios abordados en este trabajo; en el anexo 3 puede observarse la norma propuesta para la determinación del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno.

3.10. Conclusiones del capítulo 3

- Se aplica el procedimiento metodológico para la caracterización del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno en el proceso corte de la Empresa Mecánica del Níquel. "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche".
- Se realizó una valoración del impacto medio ambiental del proceso de corte manual con llama oxiacetilénica y en consecuencia se sugieren tener en cuenta las series de aspectos que fueron objeto de atención, con vista a mitigar el impacto nocivo que este proceso puede acarrear si no se toman las medidas pertinentes.
- Se efectuó un análisis del impacto económico del trabajo realizado, indicándose que con la variante propuesta se ofrece una economía de los materiales básicos de Acetileno y Oxígeno; lo que se expresa en la posibilidad de ahorrar 0,0182 y 0,0902 CUC/m de corte de Acetileno y Oxígeno respectivamente.

Conclusiones Generales

1. Se efectuó una caracterización del proceso tecnológico para el corte manual con llama oxiacetilénica en la UEB Construcciones metálicas, mediante la aplicación de un procedimiento metodológico que sirve de fundamento al diseño del proceso de medición, para la determinación del rango de variación del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno respectivamente.
2. Se precisaron los 5 elementos fundamentales que conforman al sistema de medición diseñado, teniendo en cuenta las particularidades del proceso tecnológico; quedando definido el objeto de medición, el medio de medición, el operario que realiza la medición, el método de medición y el método de cálculo.
3. Se definió como parámetros a caracterizar el índice de consumo de Acetileno y Oxígeno respectivamente, pues se ajusta a los criterios y necesidades del proceso productivo; permite especificar valores nominales del consumo de Acetileno y Oxígeno de tal modo que se minimice la variabilidad transmitida por variable incontrolable.
4. Se efectuó el tratamiento estadístico de los datos, con un nivel de confianza que oscila en el rango de 90 a 99 %. Esto permite plantear que:
 - El tamaño mínimo de la muestra aleatoria a considerar para que los resultados sean significativos es de 3 unidades;
 - El tamaño mínimo de la muestra aleatoria a considerar para que los resultados sean significativos es de 3 unidades;
 - Las 104 observaciones que se realizaron del índice de consumo de acetileno y oxígeno no muestran un comportamiento normal; puesto que la inspección de los diagramas de control indica que hay 6 y 4 valores que salen de los límites de tolerancia respectivamente y para el acetileno J_i – cuadrada de cálculo es de 67346,525, es mayor que 135,807 así como para el oxígeno se tiene que 337,167 es mayor que 135,807.
 - La relación entre el consumo de acetileno y oxígeno relativo a la longitud del corte, en el muestreo realizada, se ajusta a un modelo lineal significativamente; puesto que el coeficiente de correlación es de 0,89 y 0,86 respectivamente.

- Se determinaron 2 intervalos de confianza para cada parámetro ($K_{C_2H_2}$ y K_{O_2}) planteando los criterios estadísticos que los sustenta; el criterio de Gauss; pues se trata de una muestra grande y el método de mínimo cuadrado.
5. Se efectuó un análisis del impacto medio ambiental del método empleado para la unión indesarmable solicitada, indicándose los efectos que puede causar este a la salud y al medio ambiente y en consecuencia se sugieren tener muy en cuenta las medidas de seguridad y precauciones adecuadas.
- 6.- Se efectuó un análisis del impacto económico financiero del trabajo realizado, indicándose que con la variante propuesta se ofrece un ahorro de Acetileno y de Oxígeno en el orden de 14,10 % y 15,26% respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el procedimiento descrito en el cuerpo del presente material, como herramienta para la evaluación y control del consumo de Acetileno y Oxígeno en el proceso de corte manual con llama oxiacetilénica, y tratar de hacerlo extensivo a la elaboración de otras normas de consumo.
2. Incluir el análisis del comportamiento del índice de consumo en los balances económicos mensuales de la UEB.
3. Dar tratamiento a los factores que pueden influir como fuente de variación categorizada en una reducción del índice de consumo de Acetileno y Oxígeno y otros materiales básicos (Diseño de experimentos), ya que esto puede provocar un incremento de los valores de los ingresos productivos.
4. Evaluar la posibilidad de emplear los valores mínimos para el índice de consumo de Acetileno y Oxígeno, en el cálculo de la cantidad de Acetileno y Oxígeno a solicitar para el proceso de corte, puesto que esto aseguraría una reducción del costo de la producción y por ende propiciaría un ahorro de recursos económicos financieros.

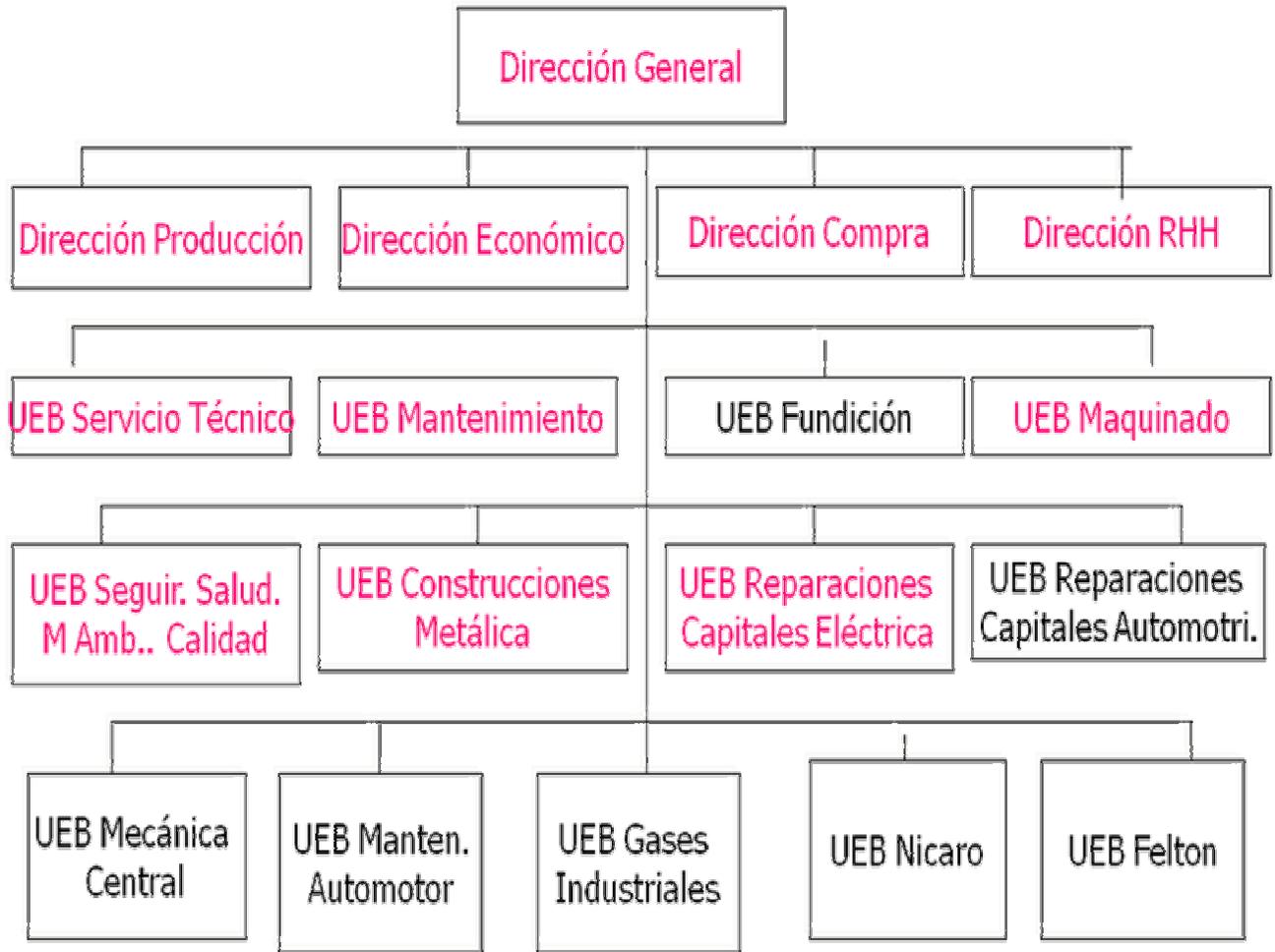
BIBLIOGRAFÍA

1. Arístides Calero Vinelo. *Técnicas de muestreo*. Editorial pueblo y educación. Ciudad Habana. 1976. 506 p.
2. Anónimo. *Metalurgia de la soldadura*. Editorial pueblo y educación. Ciudad Habana. 1996.529 p.
3. Cuenca Figueredo, I. *Diagnóstico y análisis del consumo de Material básico en la Producción de artículos de goma de la Empresa Mecánica del Níquel*. B. Leyva, M. Noa (tutores). Tesis en opción al título de ingeniero industrial. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Julio 2011. 67 p.
4. Caballero Velásquez, E. *Metodología de Cálculo de Costos para Procesos de Soldadura por Arco Eléctrico*. T. Fernández, R. Pérez y M. Utria. Tesis en opción al título de ingeniero mecánico. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Julio 2011. 70 p.
5. Douglas C. Mantgomery. *Diseño y análisis de experimentos*. Editorial Félix Varela. La Habana.2004.585 p.
6. Fausto del C. Hernández Sardiñas. *Metrología Dimensional*. Editorial ISPJAE. Ciudad Habana. 1986.507 p.
7. Irwin Miller. *Probabilidades y Estadísticas para Ingenieros*. La Habana: Editorial Félix Valera, 2005. 624 p.
8. Glizmanenco D.L. *Soldadura y corte de los metales*. Editorial pueblo y educación. Ciudad Habana. 1962. 470 p.
9. John E. Freund. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Editorial Félix Varela. Ciudad de la Habana. 2006. 619 p.
10. Jiménez Clape. *Procedimiento para la determinación del calculo de la norma de consumo material en la UEB Gases Industriales de la Empresa Mecánica del níquel Comandante Gustavo machín Hoed de Beche*. Tesis en opción al titulo de Ingeniería Industrial. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Diciembre 2010. 48 p.
11. Ronald E. Wolpole. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Editorial Félix Varela. La Habana. 2008.737 p.

12. Roberto Hernández Sampier. *Metodología de la investigación*. Editorial Felix Varela. 2004. 439 P.
13. Velásquez Planché, D. *Establecimiento del rango del índice de consumo de combustible en la batería de grupos electrógenos de Moa*. B. Leyva, Y. Delgado (tutores). Tesis en opción al título de ingeniero mecánico. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Julio 2008. 49 p.
14. "Materiales" Obtenido de la Red mundial el 15 de mayo del 2012.<http://www.frm.utn.edu.ar/>.
15. Hermes Pérez. "Oxicorte" Obtenido de la Red mundial el 10 de mayo del 2012. <http://html.rincondelvago.com/>
16. "Soldadura por combustión (autógena)" Obtenido de la Red mundial el 20 de mayo del 2012.<http://es.wikipedia.org/>

ANEXOS

Anexo1. Estructura organizativa de la empresa mecánica del níquel



	UEB Construcciones Metálicas	Código. 06-NCM-00X
	Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno	Rev.: 00 Página 4 de 17

Tabla 1 Registro ordenado de los datos del corte manual con llama oxiacetilénica

No.	Orden	Cantidad de ordenes	Denominación	Espesor	Longitud	Acetileno	K C ₂ H ₂	Oxigeno	K O ₂
				(mm)	(Mt)	(m3)	(m3/m)	(m3)	(m3/m)
1	455-1569	10	Reparación Tapa No. 2 Patana	S=5	23,37	0,96	0,041	7,693	0,329
2	002-E505	5	Guardera de la Catalina		10,48	0,37	0,035	3,446	0,329
3	002-E572	3	Compensador Y-18		7,35	0,26	0,035	2,431	0,331
4	228-0212	6	Reparación de Ventilador		13,34	0,46	0,034	4,390	0,329
5	002-E449	6	Modif. Caja Receptora. de Yacoby		18,35	0,64	0,035	6,035	0,329
6	004-A393	3	Tramo F6		7,34	0,26	0,035	2,417	0,329
7	D34-0073	3	Conducto Distribución Izquierdo		11,15	0,39	0,035	3,661	0,328
8	002-B986	3	Sello Cobinado de Yacoby	S=6	8,40	0,31	0,037	3,003	0,358
9	D34-0076	3	Conducto Entrada Inferior		7,09	0,26	0,037	2,531	0,357
10	002-E484	4	Cabezal Y-2		9,78	0,35	0,036	3,504	0,358
11	002-B986	3	Sello Cobinado de Yacoby	S=8	9,60	0,38	0,039	4,047	0,422
12	002-2139	3	Rodillo Interior		6,70	0,26	0,039	2,831	0,423
13	D34-0075	3	Conducto de Entrada		6,88	0,27	0,039	2,903	0,422
14	002-E471	3	Codo Conducto de Gas Y-6		5,67	0,22	0,040	2,388	0,421
15	002-E367	4	Ciclón Derecho		10,15	0,40	0,040	4,276	0,421
16	000-A814	4	Caja de Moldeo 1200x1050x300		11,92	0,47	0,040	5,019	0,421
17	455-1663	3	Rep. Braz. y Bar. del Rem. P.S.A		8,98	0,35	0,039	3,790	0,422
18	000-A864	3	Caja de Moldeo 1000x800x200		7,42	0,30	0,040	3,132	0,422
19	004-A393	3	Tramo F6		5,64	0,22	0,039	2,377	0,421
20	003-5559	3	Bastidor		6,66	0,26	0,039	2,803	0,421
21	D34-0075	3	Conducto de Entrada	S=10	6,32	0,26	0,041	3,060	0,484
22	002-E488	4	Apoyo Y-14		8,72	0,37	0,042	4,233	0,485
23	002-E503	3	Marca M-2		8,77	0,37	0,042	4,247	0,484
24	002-E505	3	Guardera de la Catalina		7,93	0,33	0,042	3,847	0,485
25	000-A744	3	Reparación de caja de moldeo		9,22	0,39	0,042	4,462	0,484
26	002-E488	3	Apoyo Y-14		8,34	0,35	0,042	4,047	0,485



UEB Construcciones Metálicas

Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno

Código. **06-NCM-00X**

Rev.: 00

Página 5 de 17

Tabla 1 Registro ordenado de los datos del corte manual con llama oxiacetilénica (continuación)

No.	Orden	Cantidad de ordenes	Denominación	Espeesor	Long.	Acetile.	K C ₂ H ₂	Oxige	K O ₂
				(mm)	(Mt)	(m3)	(m3/m)	(m3)	(m3/m)
27	455-1615	3	Rep. Men. del Casco del Remolcador	S=10	7,31	0,31	0,042	3,546	0,485
28	000-A864	3	Caja de Moldeo 1000x800x200		7,08	0,30	0,042	3,432	0,485
29	002-E748	3	Tanque 153 M3 (Ret de Cola)		4,27	0,18	0,041	2,074	0,486
30	004-A437	3	Cono F3 Chimenea		7,04	0,30	0,042	3,418	0,485
31	002-E476	3	Codo Conducto de Gas Y-3	S=12	6,10	0,24	0,039	3,289	0,539
32	002-E366	4	Ciclón Izquierdo		9,66	0,44	0,045	5,291	0,548
33	003-5525	4	Guía de Carga Transportador CO4		11,80	0,53	0,045	6,464	0,548
34	455-1659	3	Rep. Menor del Remolcador. Coral Salvor		7,53	0,33	0,044	4,133	0,549
35	002-E748	3	Tanque 153 M3 (Ret de Cola)	S=14	7,72	0,34	0,044	4,233	0,548
36	455-1611	3	Reparación de Tapa No,5		4,27	0,19	0,044	2,345	0,549
37	004-A141	4	Chimenea Tramo L=8950		9,82	0,46	0,047	6,006	0,612
38	002-E449	14	Modif. Caja Recept. de Yacoby		35,31	1,68	0,047	21,59	0,612
39	002-E358	5	Tubo Inferior L-2	S=15	14,61	0,70	0,048	8,938	0,612
40	002-B986	5	Sello Cobinado de Yacoby		13,89	0,67	0,048	8,966	0,646
41	002-E503	3	Marca M-2		7,31	0,35	0,048	4,719	0,646
42	455-1615	5	Rep. Men. del Casco del Remolcador		11,29	0,55	0,049	7,293	0,646
43	000-A814	6	Caja de Moldeo 1200x1050x300	S=16	14,93	0,73	0,049	9,653	0,647
44	004-A437	3	Cono F3 Chimenea		7,72	0,38	0,049	4,991	0,646
45	002-A356	3	Tramo 3		8,70	0,44	0,050	5,935	0,682
46	002-E367	5	Ciclón Derecho		12,24	0,61	0,050	8,366	0,683
47	002-A357	5	Tramo 4	S=18	10,91	0,54	0,050	7,450	0,683
48	002-E449	4	Modif. Caja Recept. de Yacoby		12,46	0,63	0,050	8,517	0,684
49	002-E483	4	Plancha pared del TK S=12		10,18	0,51	0,050	6,950	0,683
50	228-0212	4	Reparación de Ventilador		11,62	0,58	0,050	7,937	0,683
51	003-5576	14	TK Calibración de Acido	S=18	31,89	1,59	0,050	21,78	0,683
52	002-2139	3	Rodillo Interior		7,87	0,41	0,052	5,792	0,736
53	002-E484	4	Cabezal Y-2		9,86	0,52	0,053	7,264	0,737



UEB Construcciones Metálicas

Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno

Código. **06-NCM-00X**

Rev.: 00

Página 6 de 17

Tabla 1 Registro ordenado de los datos del corte manual con llama oxiacetilénica (continuación)

No.	Orden	Cantidad de ordenes	Denominación	Espesor	Longitud	Acetileno	K C ₂ H ₂	Oxígeno	K O ₂
				(mm)	(Mt)	(m3)	(m3/m)	(m3)	(m3/m)
54	002-E501(1)	4	Viga I 800	S = 18	10,76	0,57	0,053	7,922	0,736
55	002-E507	4	Impelente Ventilador BH-12,5		11,95	0,64	0,053	8,795	0,736
56	228-0186	4	Incinerador		7,82	0,41	0,053	5,763	0,737
57	002-E484	4	Cabezal Y-2		7,27	0,39	0,054	5,348	0,736
58	002-E639	4	Bastidor M-7		12,46	0,66	0,053	9,166	0,736
59	002-B986	10	Sello Combinado de Yacoby	S=20	24,58	1,37	0,056	19,648	0,799
60	002-2139	8	Rodillo Interior		18,12	1,00	0,055	14,486	0,799
61	002-E449	8	Modif. Caja Recept. de Yacoby		19,29	1,07	0,056	15,415	0,799
62	002-E358	8	Tubo Inferior L-2		20,86	1,16	0,055	16,674	0,799
63	002-E675	5	Baúl inferior.		14,15	0,79	0,056	11,311	0,799
64	002-B986	4	Sello Cobinado de Yacoby	S=25	10,38	0,65	0,063	9,939	0,957
65	002-2139	8	Rodillo Interior		21,60	1,36	0,063	20,678	0,957
66	003-5527	3	Demister		7,36	0,46	0,063	7,050	0,958
67	002-E358	3	Tubo Inferior L-2		6,29	0,39	0,062	6,020	0,957
68	002-E424	3	Núcleo Interior M-2		7,86	0,50	0,063	7,522	0,957
69	002-E671	3	Cuerpo Motriz		6,64	0,41	0,062	6,349	0,956
70	002-E675	3	Baúl inferior.		7,19	0,45	0,062	6,878	0,957
71	002-E761	3	Sector de Calcinacion		5,95	0,38	0,063	5,691	0,957
72	002-E529	4	Tanque 153 M3	S=30	10,41	0,72	0,069	11,626	1,117
73	000-A814	5	Caja de Moldeo 1200x1050x300		13,20	0,92	0,070	14,743	1,117
74	000-B095	8	Prueba para Consumo de Gases		19,07	1,32	0,069	21,293	1,117
75	003-5485	3	Entredos Superior		8,22	0,58	0,070	9,181	1,117
76	002-E366	4	Ciclón Izquierdo	S=32	9,55	0,70	0,073	11,254	1,178
77	000-A744	3	Reparación de caja de moldeo		5,99	0,44	0,073	7,050	1,177
78	002-E529	3	Tanque 153 M3		7,90	0,58	0,073	9,309	1,178
79	002-E373	4	Base de Rodillo	S=35	11,02	0,84	0,077	14,040	1,274
80	000-A505	3	Base		5,89	0,45	0,077	7,503	1,274
81	004-A071	3	Guijo de Descarga		8,13	0,62	0,076	10,357	1,274

	UEB Construcciones Metálicas	Código. 06-NCM-00X
	Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno	Rev.: 00 Página 7 de 17

Tabla 1 Registro ordenado de los datos del corte manual con llama oxiacetilénica (continuación)

No.	Orden	Cantidad de ordenes	Denominación	Espesor	Longitud	Acetileno	K C ₂ H ₂	Oxígeno	K O ₂
				(mm)	(Mt)	(m3)	(m3/m)	(m3)	(m3/m)
82	002-E366	3	Ciclón Izquierdo	S = 35	5,61	0,43	0,077	7,147	1,274
83	002-E529	6	Tanque 153 M3		16,25	1,24	0,077	20,704	1,274
84	002-B986	4	Sello Cobinado de Yacoby	S=40	11,02	0,92	0,084	15,802	1,434
85	004-A333	4	Soporte para cristal		8,60	0,72	0,084	12,327	1,433
86	002-E503	5	Marca M-2		12,86	1,07	0,083	18,433	1,433
87	002-E358	5	Tubo Inferior L-2		15,50	1,30	0,084	22,222	1,434
88	000-A814	6	Caja de Moldeo 1200x1050x300		14,87	1,24	0,083	21,321	1,434
89	002-E748	7	Tanque 153 M3 (Ret de Cola)		17,08	1,43	0,084	24,482	1,433
90	002-E751	3	Base de izaje (L-1)		4,77	0,40	0,084	6,835	1,433
91	002-E675	4	Baúl inferior.		9,30	0,78	0,084	13,328	1,433
92	000-A544(26)1	3	Platillo		8,61	0,81	0,095	13,771	1,599
93	002-E531	3	Cepo H-13		9,02	0,85	0,094	14,429	1,600
94	006-0865	6	Corredera inferior	S=45	15,82	1,50	0,095	25,297	1,599
95	006-0863	10	Guia		25,36	2,41	0,095	40,555	1,599
96	006-0865	3	Corredera inferior		6,19	0,59	0,095	9,896	1,599
97	004-A071		Guijo de Descarga		S=50	34,07	3,66	0,107	60,132
98	004-A071	10	Guijo de Descarga	23,93		2,56	0,107	42,228	1,765
99	002-E529	11	Tanque 153 M3	S=65	26,62	3,80	0,143	60,317	2,266
100	002-E751	12	Base de izaje (L-1)		30,06	4,30	0,143	68,111	2,266
101	000-B095	11	Prueba para Consumo de Gases	S=70	27,49	4,25	0,155	66,381	2,415
102	000-B095	10	Prueba para Consumo de Gases		24,61	3,80	0,154	59,888	2,433
103	004-A421	6	Entredos	S=80	14,81	2,62	0,177	41,184	2,781
104	004-A422	4	Entredos		10,19	1,81	0,177	28,343	2,781

NORMA PROPUESTA

	UEB Construcciones Metálicas	Código. 06-NCM-00X
	Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno	Rev.: 00 Página 1 de 13

1. OBJETIVO

1.1 Establecer la Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno que se utiliza en la UEB Construcciones Metálicas.

2. ALCANCE

1.2 Es aplicable a los trabajos de corte oxiacetilénico de metales y perfiles que se realizan en la UEB Construcciones Metálicas u otras áreas de la EMNI.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Director de UEB Construcciones Metálicas

- Exigir y controlar el correcto cumplimiento de las normas de consumo en su UEB.
- Revisar y firmar (aprobándolo a su nivel) las normas de consumo que se elaboren en su UEB.
- Prever y/o alertar sobre la necesidad de mantener actualizadas las normas de consumo ante desviaciones del proceso que ocurran o se requieran dentro de su UEB.
- De actualizarse una norma de consumo en la UEB la enviará al Grupo de Tecnología de la UEB Servicios Técnicos para su revisión “metodológica” y tramitación para su aprobación.
- Revisar metodológicamente el formato, o estructura de contenido, de las normas de consumo que se entregan a revisión por el Consejo Técnico Asesor de la Empresa.

3.2 Especialista Principal de Tecnología UEB Construcciones Metálicas

- Garantizar la elaboración, revisión y aprobación o validación de las normas de consumo requeridas en el proceso de Construcciones Metálicas. Conserva su estado en archivo y controla su correcto uso en la UEB.
- Monitorear cíclicamente el correcto cumplimiento de las normas de consumo.
- En casos de existir aumentos de eficiencias o desviaciones del proceso por problemas técnicos, actualiza las normas de consumo a los nuevos requerimientos de la UEB.

	Nombre y Apellidos	Cargo	Firma
Elaborado por:	Ing. Orlando Gamez Córdova	Director UEB Const. Metálicas	
Revisado por:	Ing. Zoilo Suárez Pérez	Director Técnico	
Aprobado por:	Ing. Ismael Heredia Arzuaga	Director General	
Número Copia Controlada: 033 Fecha de emisión: 30/06/11 Vigente a partir de:			

	UEB Construcciones Metálicas	Código. 06-NCM-00X
	Norma de Consumo de Oxígeno y Acetileno	Rev.: 00 Página 2 de 13

- Proponer al Director de UEB la actualización de una norma de consumo en caso de requerirse y concluido ello, se la entrega para su revisión y firma.
- Estar al tanto de nuevas tecnologías con real posibilidad técnico-económica de introducirse en la UEB para mejorar la eficiencia del proceso con disminución de la norma de consumo.

3.3 Especialista Principal Grupo Tecnología de la UEB Dirección Servicios Técnicos

- Exigir la elaboración de las normas de consumo.
- Exigir y monitorear el correcto cumplimiento de las normas de consumo.

3.4 Consejo Técnico Asesor de la Empresa

- Revisar que las normas de consumo cumplan los requisitos y/o exigencias técnicas dadas por el proceso productivo de la UEB y correspondan con los criterios de calidad y política de la propia Empresa, emitiendo su recomendación de aprobación o señalamientos.
- Solicitar al Director General su aprobación.

3.5 Director General EMNI

- Aprobar las normas de consumo.

4. TERMINOS Y DEFINICIONES:

4.1 Oxicorte: es la operación de seccionamiento o corte del acero por medio de un soplete alimentado por un gas combustible y oxígeno. El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900°C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y remueve los óxidos de hierro producidos.

4.2 Soplete de corte: se compone, en principio de un soplete ordinario que permite calentar un punto del acero a la temperatura de corte, es decir, de 1200 a 1300 °C y de un dispositivo que aporta oxígeno necesario para la oxidación del hierro, a este último se da el nombre de oxígeno de corte, mientras que a la llama del soplete destinada a mantener la reacción, se le da el nombre de llama de calefacción.

El corte de acero con soplete es un proceso de producción importante. Un soplete manual simple para corte con flama, difiere del soplete para soldadura en que tiene varios agujeros pequeños para flamas de precalentamiento que rodean un agujero central a través del cual pasa oxígeno puro.

Las flamas de precalentamiento son exactamente como las flamas para soldar y sólo se destinan para precalentar al acero antes de la operación de corte. El principio bajo el que opera el corte con flama, es que el oxígeno tiene afinidad por el hierro y el acero. Esta acción es lenta a temperaturas ordinarias, pero eventualmente toma cuerpo un óxido en forma de herrumbre.

Conforme aumenta la temperatura del acero, esta acción se hace mucho más rápida. Si se calienta el acero al color rojo y se sopla un chorro de oxígeno puro en la superficie, la acción es casi instantánea y el acero se quema de hacho en un óxido de hierro. Se requieren cerca de 0.00225 m³ de oxígeno para quemar 1 cm³ de hierro. Se puede cortar metal con espesor mayor de 760 mm por medio de este proceso.

5. **DESARROLLO**

Esta norma de consumo se confeccionó para el proceso de oxicorte mediante la aplicación de un amplio muestreo en todos los espesores que se utilizaron en la empresa Unidad Empresarial de Base durante el año 2010 y parte del 2011 con su correspondiente análisis estadístico, utilizando las herramientas del programa computarizado EXCEL.

Esta cifras se obtuvieron en condiciones reales del proceso, pues el corte de la chapas se realizó sobre aceros limpios, como llegan del comercio. Los consumos indicados para el acetileno y el oxígeno, pueden reducirse sensiblemente cuando el corte se realiza con el auxilio de guías apropiadas que permiten la regularidad en el avance. Por el contrario, el oxicorte de chapas con incrustaciones de herrumbre, chapas con defectos intensos y mazarotas y aceros especiales, requiere un aumento en el consumo de gases que puede duplicarse e incluso triplicarse según los casos. Entre otros factores hay que considerar muy particularmente: el grado de pureza del oxígeno y su temperatura inicial y el uso correcto de la boquilla de acuerdo al espesor del metal. Además tuvimos en cuenta el corte con diferentes operarios y a distintos horarios del día.

Estas cifras se obtuvieron en condiciones reales de trabajo de la **UEB Construcciones Metálicas**, caracterizada por las variables que se referencian en la siguiente tabla 1.

Tabla 1 Características del proceso

Parámetros del proceso	Descripción
Pureza del Acetileno	99,2 %
Pureza del oxígeno	99,5 %
Operarios	2, grupo 7
Materiales complementario	Varilla de Titanio

5.1. Metodología de cálculo

El cálculo tecnológico para la determinación del consumo de oxígeno y acetileno se efectúa según las siguientes expresiones que correlacionan el índice de consumo y la longitud de corte, teniendo en cuenta los distintos espesores.

$$C_{\text{oxig.}} = K_{\text{oxig.}} \cdot L \qquad C_{\text{acet.}} = K_{\text{acet.}} \cdot L$$

Donde:

$C_{\text{oxig.}}$ = Consumo de Oxígeno en m^3

$C_{\text{acet.}}$ = Consumo de Acetileno en m^3

$K_{\text{oxig.}}$ = Consumo específico de oxígeno en m^3/m

$K_{\text{acet.}}$ = Consumo específico de acetileno en m^3/m

L = Longitud de corte en m.

El análisis estadístico de la medida de la tendencia central se efectuó aplicando las expresiones matemáticas que se referencian a continuación y el módulo computarizado regresión, del Microsoft Excel. Lnk (2003).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n}$$

$$X, \text{máx} = \bar{X} + Z_{\alpha/2} \cdot S$$

$$X, \text{mín} = \bar{X} - Z_{\alpha/2} \cdot S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$X, \bar{\text{máx}} = \bar{X} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$X, \bar{\text{mín}} = \bar{X} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

\bar{X} – Es la media aritmética del consumo de Acetileno, y de Oxígeno respectivamente

($KC_2H_2, \bar{\text{med}} - KO_2, \bar{\text{med}}$), en m³/m.

$X, \text{máx}$ – Es el límite superior de tolerancia para el consumo de Acetileno, y de

Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \text{máx} - KO_2, \text{máx}$)

$X, \text{mín}$ – Es el límite inferior de tolerancia para el consumo de Acetileno, y de Oxígeno

respectivamente ($KC_2H_2, \text{mín} - KO_2, \text{mín}$), en m³/m.

$X, \bar{\text{máx}}$ – Es el límite superior del intervalo de confianza para el consumo de Acetileno,

y de Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \bar{\text{máx}} - KO_2, \bar{\text{máx}}$)

$X, \bar{\text{mín}}$ – Es el límite inferior del intervalo de confianza para el consumo de Acetileno, y

de Oxígeno respectivamente ($KC_2H_2, \bar{\text{mín}} - KO_2, \bar{\text{mín}}$), en m³/m.

Z- Es el estadístico de la distribución probabilística de Gauss

S- Es la desviación típica.

n – Es el total de observaciones.

α - Es el nivel de significancia

5.2. Resultados

Para determinar el valor de los consumos específicos de oxígeno y acetileno se pesó cada balón antes de realizar el corte, luego garantizando los parámetros del proceso, se efectuó el proceso, seguidamente se pesó el balón para obtener una diferencia en masa

(Kg) y posteriormente este se dividió por la densidad del gas en cuestión, obteniéndose un volumen en m^3 que dividido entre la longitud del corte da como resultado el valor del respectivo índice de consumo en m^3/m . los valores obtenidos para los índices de consumo analizado se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores determinados del consumo específico de acetileno y oxígeno

Espesor del metal (mm)	Sustancia	Media de $K_{C_2H_2}$ y K_{O_2} , m^3/m .	Intervalos de confianza para $K_{C_2H_2}$ y K_{O_2} , m^3/m
5 -80	Acetileno(C_2H_2)	0,078	0,067 - 0,088
	Oxígeno(O_2)	1,173	0,994 – 1,351

El rango de los valores del índice de consumo para el oxígeno y el acetileno de la Tabla 3 se ha determinado, siguiendo el comportamiento histórico del consumo de estos gases en el proceso y la consiguiente aplicación del tratamiento estadísticos de las medidas de tendencia central así como el ajuste de las curvas que representan la correlación entre las variables: Longitud del corte y consumo del gas; con el correspondiente análisis de regresión y de los límites de la tolerancia.

El ajuste de los consumo de acetileno y oxígeno, en función de la longitud del corte, a un modelo lineal es significativo puesto que para el acetileno el coeficiente de correlación es de 0,89, el Ficher calculado es 406,69, el Ficher crítico es de $2,26E-37$ además el valor de la probabilidad del fallo(P) es de $1,50 \cdot 10^{-37}$ y para el oxígeno el coeficiente de correlación es de 0,86, el Ficher calculado es 297,66, el Ficher crítico es de $5,15E-32$ además el valor de la probabilidad del fallo(P) es de $3,76 \cdot 10^{-8}$. Los resultados obtenidos para estos índices de consumo están referidos a un nivel de confianza del 99%, esto permite ampliar el ancho de la banda de tolerancia, elemento que posibilita tener más flexibilidad para la toma de decisión.

La tendencia de selección hacia los valores extremos, estará en dependencia de las proporciones entre habilidad del operario, defectos en los perfiles, exigencias en el proceso, etc. (Ver **ANEXOS**).

Para mejorar el coeficiente de correlación relativo al consumo del acetileno y del oxígeno respecto a la longitud de corte se procede a realizar el análisis específico para cada espesor, aplicando el método de mínimo cuadrado, operando con un nivel de confianza del 99%, véase tabla 3.

Tabla 3. Valores determinados del Consumo Específico K. Norma de consumo de oxígeno y acetileno para el proceso de corte oxiacetilénico

Espesor (mm)	Consumo Específico de O ₂ (m ³ /m) K oxig.		Consumo Específico de C ₂ H ₂ (m ³ /m) K acet.		Tipo de Boquilla Victor	Velocidad de Corte (m/min)	Presión de Corte (Bar)
5	0,328	0,330	0,033	0,042	3-1-10	0.69 ÷ 0.78	3.8 ÷ 4.2
6	0,354	0,361	0,035	0,038	3-1-10	0.68 ÷ 0.76	3.8 ÷ 4.2
8	0,421	0,422	0,039	0,040	3-1-10	0.63 ÷ 0.73	5 ÷ 7.5
10	0,484	0,485	0,042	0,042	3-1-10	0.57 ÷ 0.68	5 ÷ 7.5
12	0,543	0,552	0,041	0,047	3-1-10	0.52 ÷ 0.63	5 ÷ 7.5
14	0,611	0,612	0,046	0,049	3-1-10	0.49 ÷ 0.60	5 ÷ 7.5
15	0,645	0,647	0,048	0,049	3-1-10	0.48 ÷ 0.59	5 ÷ 7.5
16	0,683	0,683	0,050	0,050	3-1-10	0.47 ÷ 0.58	7 ÷ 8
18	0,735	0,737	0,052	0,053	3-1-10	0.45 ÷ 0.55	7 ÷ 8
20	0,799	0,800	0,055	0,056	3-1-10	0.43 ÷ 0.53	7 ÷ 8
25	0,957	0,958	0,062	0,063	6-1-10	0.38 ÷ 0.48	7 ÷ 8
30	1,116	1,117	0,068	0,071	6-1-10	0.36 ÷ 0.46	7.5 ÷ 8.5
32	1,174	1,182	0,072	0,074	6-1-10	0.36 ÷ 0.45	7.5 ÷ 8.5
35	1,274	1,274	0,076	0,077	6-1-10	0.35 ÷ 0.44	7.5 ÷ 8.5
40	1,433	1,434	0,083	0,084	6-1-10	0.33 ÷ 0.42	7.5 ÷ 8.5
45	1,599	1,600	0,094	0,095	6-1-10	0.32 ÷ 0.40	7 ÷ 7.5
50	1,756	1,774	0,096	0,118	6-1-10	0.30 ÷ 0.38	7 ÷ 7.5
65	2,265	2,267	0,138	0,148	6-1-10	0.26 ÷ 0.33	6 ÷ 8
70	1,829	3,017	0,150	0,159	6-1-10	0.24 ÷ 0.32	6 ÷ 8
80	2,763	2,799	0,168	0,186	6-1-10	0.22 ÷ 0.30	6 ÷ 8

Al realizar el análisis específico para cada espesor, aplicando el método anteriormente mencionado, operando con un nivel de confianza del 99% se tiene como resultado que en todos los casos el coeficiente de correlación es superior a 0,98%.

El cumplimiento de esta norma se revisará trimestralmente por la Dirección de la UEB en el Balance Económico y de existir desviaciones significativas que impliquen modificaciones del alcance de los consumos reflejados se procederán a la modificación de la misma. Las modificaciones de esta norma se realizarán por el Grupo Técnico de la UEB Construcciones Metálicas. Las aprobaciones de las modificaciones a la norma de consumo las realizará el Director con el mismo procedimiento.

5.3. Consumo de Acetileno y Oxígeno

5.3.1. Los muestran el consumo en m³ de acetileno y oxígeno para el rango de espesores, tipo de boquilla, velocidad de corte y presión de corte y operario; en función de la longitud del corte; es decir para las condiciones en que se realizó el trabajo.

5.4. Esta norma está sujeta a cambios producto a las revisiones periódicas que realizará el grupo técnico de la UEB. Cualquier cambio propuesto, deberá seguir los mismos pasos para su aprobación que la norma original

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

6.1. Arístides Calero Vinelo. *Técnicas de muestreo*. Editorial pueblo y educación. Ciudad Habana. 1976. 506 p.

6.2. D.L. Glizmanenco. *Soldadura y corte de los metales*. Editorial pueblo y educación. Ciudad Habana. 1962. 462 p.

6.3 Irwin Miller. *Probabilidades y Estadísticas para Ingenieros*. La Habana: Editorial Félix Valera, 2005. 624 p.

6.4. Cuenca Figueredo, I. *Diagnóstico y análisis del consumo de Material básico en la Producción de artículos de goma de la Empresa Mecánica del Níquel*. B.

Leyva, M. Noa (tutores). Tesis en opción al título de ingeniero industrial. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Julio 2011. 67 p.

6.5 Metalactual.com. *Problemas Frecuentes en Soldadura GTAW - TIG* .revista 14. Soldadura TIG.pdf. 4 de mayo del 2011.

6.6 Caballero Velásquez, E. *Metodología de Cálculo de Costos para Procesos de Soldadura por Arco Eléctrico*. T. Fernández, R. Pérez y M. Utria. Tesis en opción al título de ingeniero mecánico. Instituto superior minero metalúrgico de Moa, Julio 2011. 70 p.

6.7 Soldadura y Corte a Gas. D.L.Glizmanenko.1965. Editorial Pueblo y Educación.

6.8 Roberto Hernández Sampier. Metodología de la Investigación. Tomos I y II. Editorial Félix Varela, 2003.

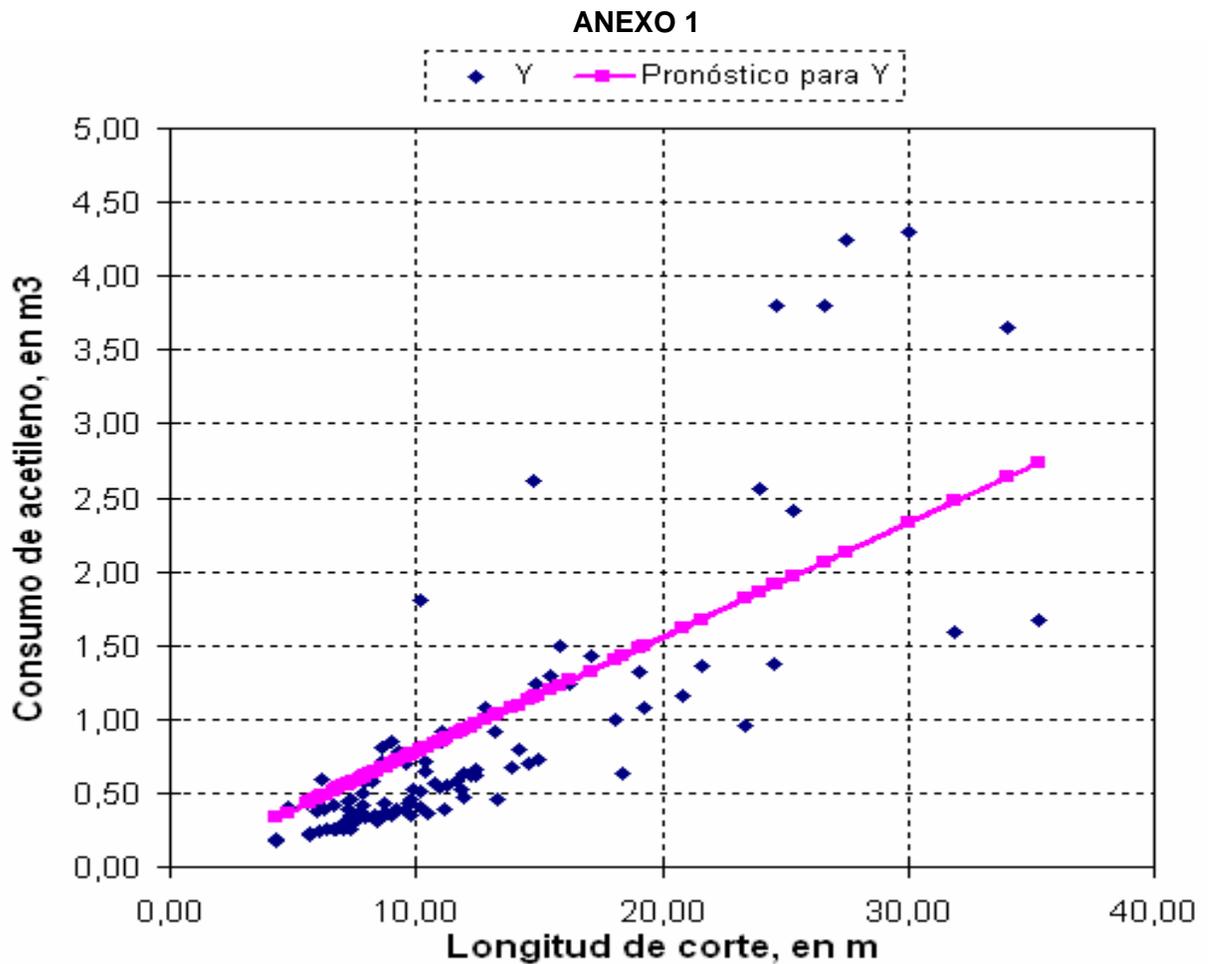


Figura 1. Gráficos de la regresión del consumo de Acetileno respecto a la longitud del corte

ANEXO 2

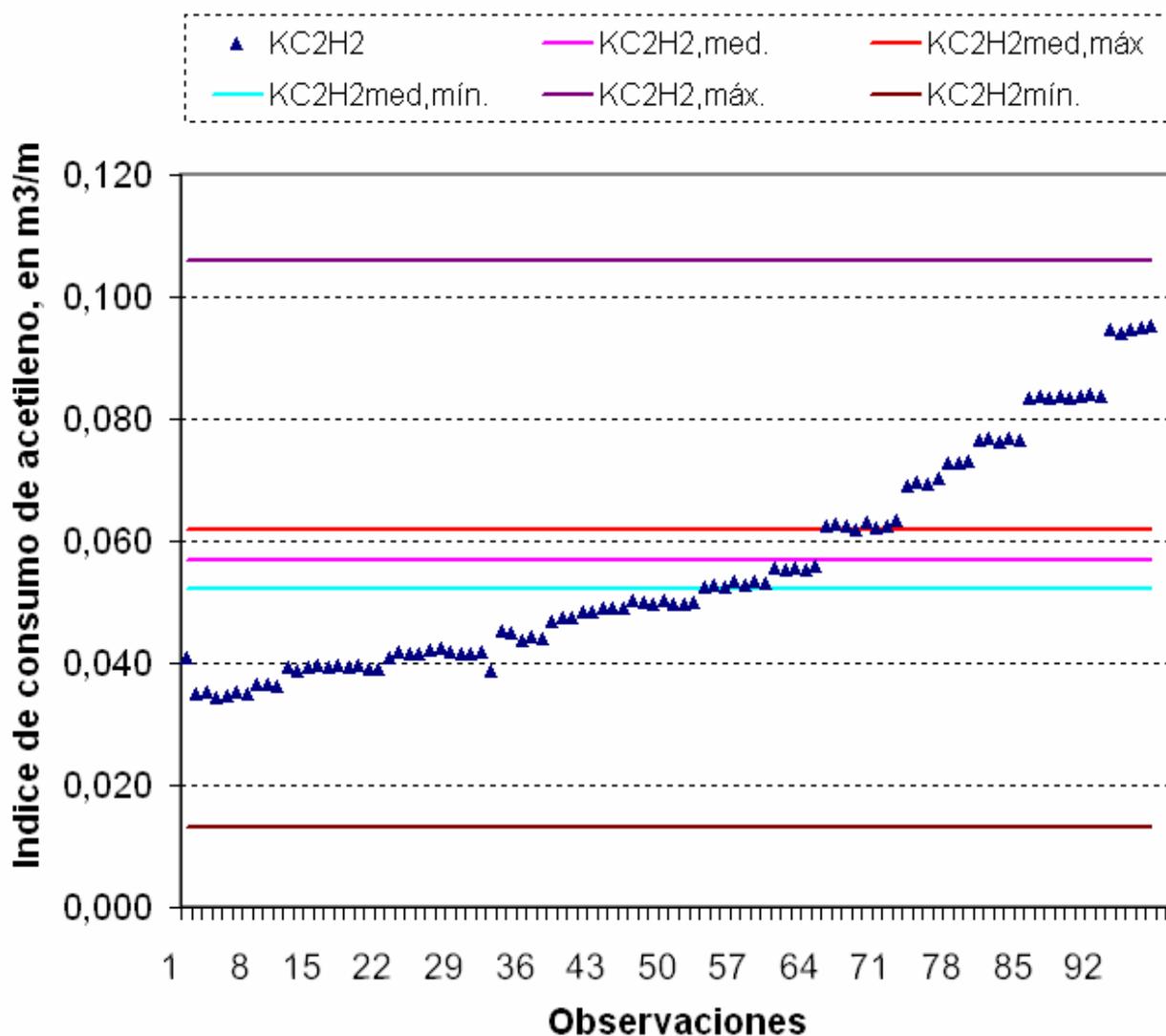


Fig.2. Diagrama para control de mediciones ajustado, referido al índice de consumo de Acetileno

ANEXO 3

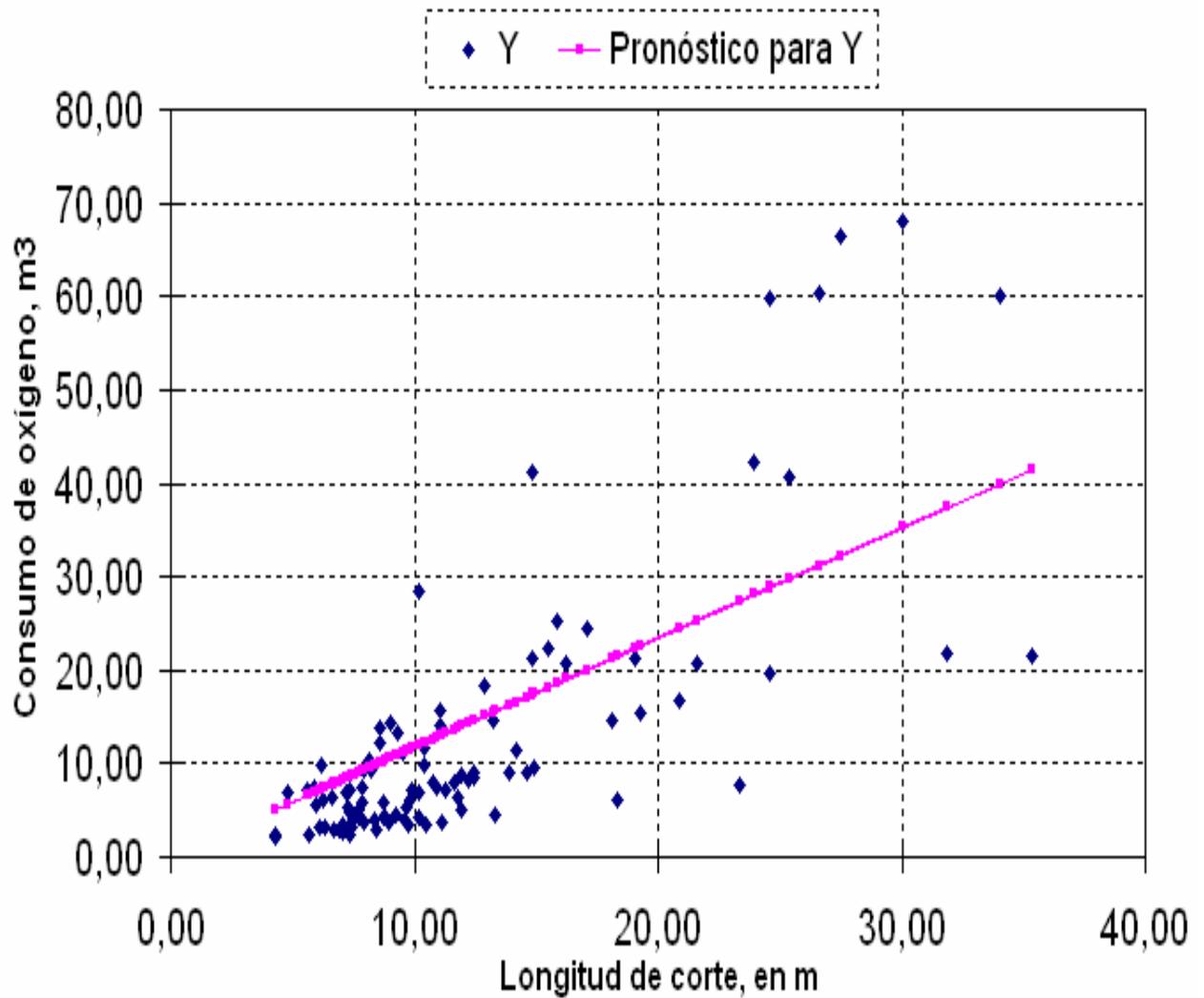


Figura3. Gráficos de la regresión del consumo de Oxígeno respecto a la longitud del corte

ANEXO 4

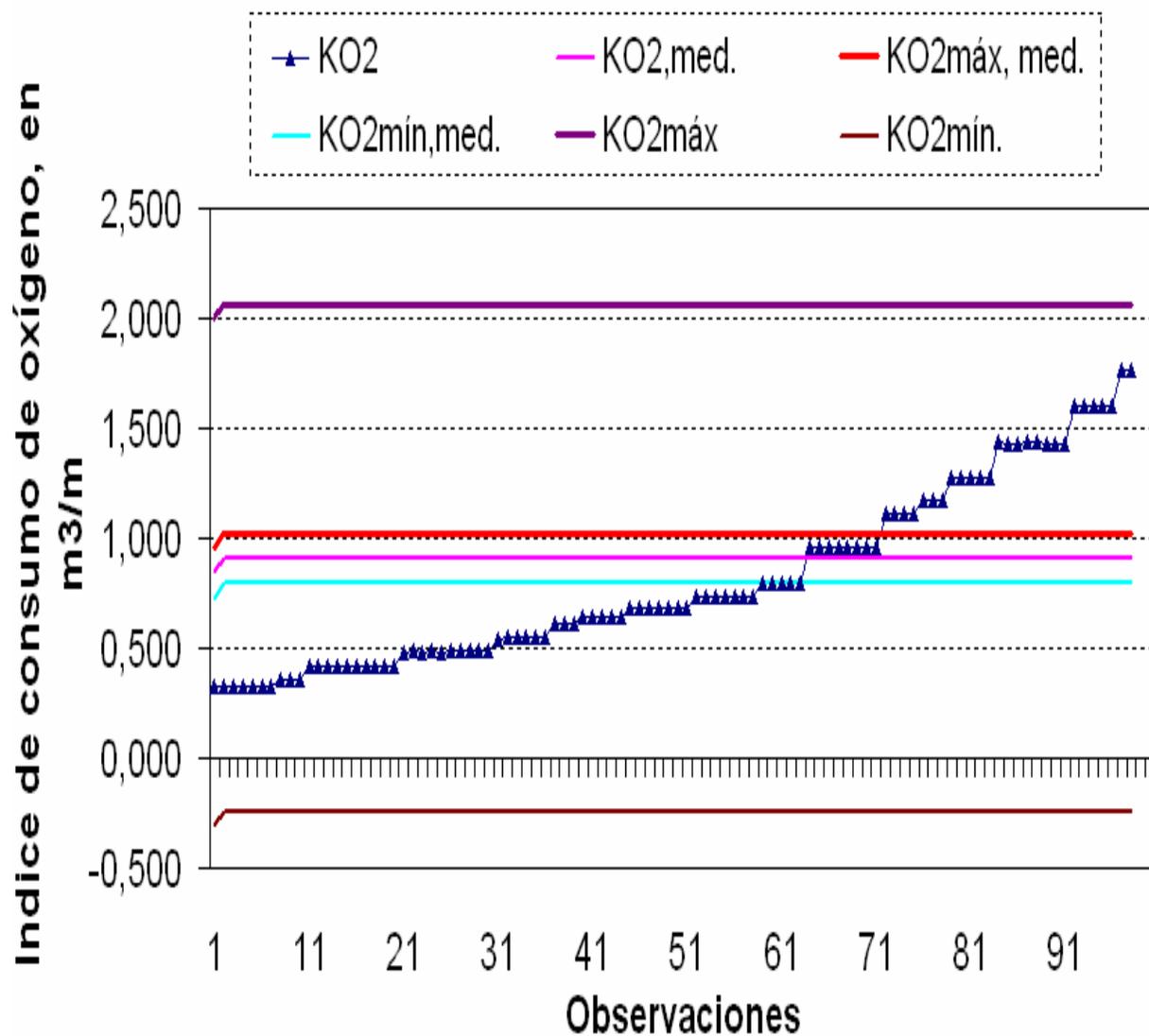


Fig.4. Diagrama para control de mediciones ajustado, referido al índice de consumo de Oxígeno