



Ministerio de Educación Superior.

Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa.

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

Facultad Metalurgia Electromecánica.

Departamento Metalurgia.

Trabajo de Diploma

*Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el
consumo de Resina y Catalizador en la Mezcla de Moldeo
autofraguante en la Unidad Estatal Básica
Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.*

Autora: Sara Iris Grey Medina

Moa, 2010



Ministerio de Educación Superior. Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa.
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”



Ministerio de Educación Superior.

Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa.

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

Facultad Metalurgia Electromecánica.

Departamento Metalurgia.

Trabajo de Diploma

*Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el
consumo de Resina y Catalizador en la Mezcla de Moldeo
autofraguante en la Unidad Estatal Básica
Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.*

Autora: Sara Iris Grey Medina

Tutores: Ing. María Victoria Rojas Fernández

Ing. Antonio Oliveros Finalé

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina
“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de
Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



Dedicatoria

A...

*En especial a mi Madre máxima inspiradora en
mi formación, a mi hermano Frank, a toda mi familia,
a mi novio, a mis verdaderos amigos,
Por todos ellos tengo el valor de abrir los ojos cada día y
Prometerme ser mejor*



Agradecimientos

A todos aquellos que de una u otra forma han contribuido a la realización de este trabajo, a mi tutora y profesora Ing. María Victoria Rojas, por su invaluable ayuda, a mi tutor Ing. Antonio Oliveros Finale, a mi hermano Frank, a mi familia, a los amigos que estuvieron siempre, a mis compañeros de aula en específico a Gressequis y Leolvis por su ayuda y apoyo durante estos seis años y sobre todo a la gran obra de la Revolución de la que formamos parte como profesionales



RESUMEN.

El tamaño, forma y distribución de los granos son parámetros importantes en las arenas empleadas en fundición, ya que de los mismos, y en forma más o menos directa, dependen varias propiedades físicas y tecnológicas del molde.

El conocimiento del tamaño, forma y distribución de los granos y el contenido del componente arcilloso permite establecer una clasificación de las arenas de moldeo, de manera que pueda establecerse un lenguaje común acerca de las mismas.

Este trabajo tiene como objetivo Evaluar la influencia que ejerce la granulometría de la arena sílice en la calidad de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante en la Unidad Estatal Básica Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, así como en el consumo de resinas y catalizador, donde se evaluaron las arenas de los yacimientos de Guane en Pinar de Río y Buena Vista en la Isla de la Juventud.

Se hizo un estudio granulométrico de estas arenas comprobando que la de mejores resultados es la procedente del yacimiento de Buena Vista ya que es una arena concentrada de tres tamices con diversidad de granos no uniformes, con un tamaño de los granos de 0.075 mm y un diámetro promedio de 0.3 mm acorde con las exigencias de la AFS.

Con esta arena se prepararon mezclas de moldeo con buenas propiedades mecánicas, logrando una permeabilidad de 398 unidades y una disminución en el tiempo de fraguado con relación a la mezcla preparada con la arena del yacimiento de Casilda.



Ministerio de Educación Superior. Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa.
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

SUMMARY

*Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) **Sara Iris Grey Medina**
“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”*



Ministerio de Educación Superior. Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa.
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

INDICE

*Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) **Sara Iris Grey Medina***
“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



INTRODUCCIÓN.

La obtención de piezas por fundición es una de las actividades laborales más antiguas del hombre, en sus inicios el proceso para la obtención de formas metálicas, fue concebido tallando los moldes sobre piedras blandas. El dominio de esta técnica así como el perfeccionamiento y desarrollo de nuevos metales y aleaciones, es parte indispensable del desarrollo histórico de la humanidad.

Los primeros contactos del hombre con metales en estado natural como fueron el oro, la plata y el cobre, se estima que ocurrió de 7 000 a 4 000 años a.n.e. En su afán de desarrollo por lograr nuevas técnicas, su verdadera labor como fundidor se inicia cuando fue capaz de fundir cobre a partir del mineral. Cuatro siglos antes de nuestra era ya el hombre conocía y procesaba el bronce al estaño, o sea, había aleado el cobre, obteniendo un producto con mejores propiedades de fundición, de donde fabricó sus herramientas, sus armas y sus obras de arte.

Evolucionaron también junto a los metales, los materiales de moldeo. Las mezclas de moldeo con el decursar de los años, han sido una preocupación para los productores de piezas fundidas. La aplicación de resinas para estos fines, comienza en los últimos 45 años, debido a la necesidad de eliminar los defectos relacionados con las mezclas y lograr así mayor calidad en sus producciones, con la utilización de mezclas que sin necesidad de hacerle pasar un gas como catalizador para su curado, le permita resultados cada vez más competitivos.

Mundialmente se tiende a la automatización de los procesos de fundición y específicamente el moldeo con mezclas autofraguantes. Las ventajas de este método de moldeo son apreciables, sobre todo si se comparan con el moldeo en verde. Los moldes están constituidos esencialmente por material granular, la arena propiamente dicha y un aglomerante que confiere a la arena la cohesión suficiente para la confección del molde en presencia de un catalizador, que al reaccionar con la resina y luego de transcurrido un periodo de tiempo, endurece la mezcla. La arena más empleada es la sílice fundamentalmente debido a que cumple muy bien su función y tiene precios muy asequibles.

El consumo de aglomerantes químicos en las fundiciones ha crecido de forma notable en los



últimos años. Este aumento se debe a las ventajas que trae consigo la utilización de técnicas químicas de endurecimiento de arenas. Los procesos químicos de aglomeración permiten al fundidor confeccionar todo tipo de moldes y machos de arena.

La Empresa Mecánica del Níquel “Comandante Gustavo Machin Hoed de Beche”, situada en el km 1½ de la carretera Moa – Sagua, en la ciudad de Moa, Provincia de Holguín, fue concebida para la fabricación de piezas para la reparación y mantenimiento de las plantas niquelíferas enclavadas en el territorio. La Unidad Estatal Básica de Fundición de esta Empresa cuenta con un sistema automatizado de moldeo con mezclas autofraguantes y en aras de incrementar la productividad, así como la calidad de sus producciones se está instalando un nuevo sistema.

Para la confección de la mezcla de moldeo, uno de los materiales utilizados es la arena sílice proveniente del Yacimiento de Casilda en Sancti Spiritus, esta presenta una granulometría muy fina y para lograr la calidad requerida de las mezclas se hace necesario la adición de una mayor cantidad de resinas y catalizador, incrementando así los costos de producción.

Por lo antes expuesto se plantea:

Problema:

La granulometría muy fina de la arena sílice proveniente del Yacimiento de Casilda en Sancti Spiritus no garantiza la calidad requerida de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante, lo que trae consigo un alto consumo de resina y catalizador.

Objeto de estudio:

Arena sílice para moldeo

Objetivo general:

Evaluar la influencia que ejerce la granulometría de la arena sílice en la calidad de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante en la Unidad Estatal Básica Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, así como en el consumo de resinas y catalizador.

Objetivos específicos:

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



1. Determinar la distribución granulométrica de la arena sílice proveniente de los yacimientos de Guane en Pinar del Río y Buena Vista en la Isla de la Juventud.
2. Evaluar la influencia de la granulometría de la arena sílice en la calidad de la mezcla de moldeo en el proceso autofraguante y en el consumo de resina y catalizador.

Hipótesis:

Si se determina la granulometría satisfactoria de la arena sílice, se podrá entonces preparar mezclas de moldeo en el proceso autofraguantes con buenas propiedades y lograr así una disminución en el consumo de resinas y catalizador en la Unidad Estatal Básica Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.

Campo de acción:

Mezclas de moldeo en el proceso autofraguante.

Tareas de investigación:

1. Búsqueda bibliográfica para el establecimiento del estado del arte.
2. Determinación de la distribución granulométrica de la arena sílice de los yacimientos de Guane en Pinar del Río y Buena Vista en la Isla de la Juventud.
3. Evaluación de la influencia de la granulometría de la arena sílice en la calidad de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante.
4. Evaluación de la influencia de la granulometría de la arena sílice en el consumo de resina y catalizador.
5. Análisis y discusión de los resultados obtenidos.

2.1. Metodología de investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon los métodos siguientes:

1. Investigación documental o bibliográfica para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Investigación experimental para obtener y caracterizar el objeto de estudio y sus principales regularidades.



CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO.

Desde los años 7000 a 4000 a.n.e. se estima que el hombre tuvo sus primeros contactos con metales en estado natural, como fueron el oro, la plata y el cobre; sin embargo el arte de producir piezas fundidas ha ido evolucionando con el decursar de los años, hasta llegar a ser una técnica muy difundida, pero que aún el hombre no conoce con toda la precisión necesaria, y con esto han ido desarrollándose los métodos de piezas fundidas.

Si se efectúa un análisis general del proceso de producción de fundición, considerando los diferentes aspectos que concurren en él para lograr su objetivo final, que es la obtención de la pieza fundida, es necesario concluir que su operación central es la elaboración del molde. La operación de moldeo, considerando como tal la producción de moldes y machos, requiere el esfuerzo laboral fundamental del proceso y todo indica que mantendrá su lugar preponderante en el futuro previsible. Es por ello que el trabajo más sostenido en el campo experimental, así como los principales resultados prácticos de los últimos años en esta rama de la construcción de maquinaria, han estado relacionados, en lo fundamental, al desarrollo y perfeccionamiento de nuevas tecnologías y procesos de producción de moldes y machos.

La imagen tradicional de un área de moldeo o de producción de machos está relacionada con la presencia de una estufa, ya que los materiales aglutinantes que estaban relacionados con el desarrollo inicial de la industria de fundición (arcilla, aceite de linaza, melaza, etc.) requieren de calor para desarrollar su plena capacidad aglutinante. Esta situación se alteró por primera vez a partir de 1929, cuando se introdujeron en la producción las primeras resinas de tipo termoestables, en específico las resinas fenólicas que son utilizadas para la producción de piezas de acero bajo carbono, por ser libres de nitrógeno. Como inconveniente tienen, que hay que secarlas para alcanzar en los machos la resistencia necesaria (Salcines, 1985)

1.1. Resinas y catalizadores.

En 1942 se desarrolló un nuevo tipo de resina, cuyo ciclo de fraguado era mucho menor que el de las resinas fenólicas. Estas resinas se obtuvieron de la condensación de urea y del formaldehído y se conocen como resinas ureicas. Su ciclo de fraguado resultó ser tan rápido



debido a la alta reactividad al calor y fue más beneficioso hacerlo mediante una corriente eléctrica de alta frecuencia en lugar de una estufa, originándose así los llamados hornos túneles, esto se consideró en su época lo más adelantado en la producción de machos, a pesar de esto todavía era necesario el empleo de un equipamiento relativamente complejo, pues las mezclas no eran capaces de autoendurecerse.

En 1972 aparece en Polonia el proceso Syn – Core. El endurecimiento se produce mediante el paso de aire a través de la mezcla, utilizando como base una resina sin nitrógeno ni humedad.

El proceso de resina - furánica – SO_2 es un proceso de caja fría en el cual la Resina Furánica de alta reactividad y elevado contenido de alcohol furfúrico (65 y 75%), reacciona con una corriente de SO_2 , en presencia de un agente oxidante.

La sociedad de fundidores americanos (AFS) en su Congreso LXXIV presentó un proceso intermedio entre el proceso de caja caliente (Hot – Box) y caja fría (Cold – Box) denominado proceso de caja templada (Warm – Box); consistente en la reacción de una resina fenólica o furánica con un catalizador. La caja no se calienta, sino que se hace pasar a través de la mezcla una corriente de aire de 150 y 220 °C durante 20 segundos, la cual produce el endurecimiento.

Las mezclas de fraguado en frío con aglutinantes orgánicos fueron utilizadas por primera vez en fundición en el año 1929, considerándose factores determinantes en nuestros días y en el desarrollo futuro de esta forma de producción. Por ejemplo con este proceso hoy pueden obtenerse machos desde algunos gramos de peso de configuraciones complejas hasta machos y moldes de varias toneladas de peso.

Realmente las primeras formas de endurecimiento en frío, con el uso de aglutinantes inorgánicos se aplicaron en la década de 1950, con el desarrollo de las mezclas con silicato de sodio (vidrio líquido) sopladas con CO_2 , pero como desventaja tienen el difícil desarenado.

El proceso conocido como sistema de fraguado ácido está formado por un grupo de resinas que endurecen mediante un proceso de policondensación en presencia de ácidos y catalizadores y constituyen el conjunto de resinas más empleadas para la producción de moldes y machos en los talleres de fundición que emplean resinas sintéticas.



En la actualidad este sistema se aplica mundialmente, se divide en dos grupos: el sistema de fraguado ácido y el sistema uretano o poliuretano. Según Salcines, M.C; (1985) el sistema de fraguado ácido está formado por un grupo de resinas que endurecen mediante un proceso de policondensación en presencia de ácidos catalizadores. Está representada por las resinas Fenol – Formaldehído, Fenol – Formaldehído – Furánica, Fenol – Furánica, Urea – Formaldehído, Urea – Formaldehído – Furánica, Fenol – Urea – Formaldehído, Furánica y Furano – Formaldehído. Este grupo constituye el conjunto de resinas más empleada en la producción de moldes y machos, en los talleres de fundición que emplean resinas sintéticas. Se considera que en este grupo se concentra el 90 % de la producción de resinas sintéticas para fundición.

La Asociación de Fundidores del País Vasco y de Navarra (2000), realizaron un estudio sobre el uso de la resina furánica aplicada a los moldes con el método autofraguante, en este trabajo se dan a conocer algunas de las propiedades de esta resina, tales como: fragilidad, tiempo de endurecimiento, resistencia, entre otras, además plantean algunas recomendaciones para su utilización.

Las firmas División de Burmach Castrol Chemical S.A y Prosider, suministradoras de resinas y catalizadores para moldeo con mezclas Autofraguantes recomiendan el uso de este tipo de moldeo en la fabricación de piezas de cualquier tipo de acero, describen además el procedimiento de su preparación y las condiciones extremas de los materiales durante su uso.

La empresa Auxiliar Industrial Ilarduya S.A. aporta información técnica sobre el empleo de aglomerantes químicos para arenas, donde se hace una comparación entre los diferentes tipos de aglomerantes empleados en el moldeo con mezclas autofraguantes.

Las firmas FORDATH y HUTTENES – ALBERTUS brindan sus recomendaciones acerca del modo de empleo de resinas y catalizadores para su utilización en el proceso autofraguante, dan a conocer los materiales que deben utilizarse con sus respectivas características generales, plantean que la arena de Olivino no es compatible con este sistema de resinas activadas con catalizadores ácidos, debido a su naturaleza alcalina. En cuanto a las arenas también hacen sus recomendaciones en cuanto a la granulometría, distribución y forma del grano que deben tener; se indica el contenido máximo de arcilla y de fino permisibles, así

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



como las pérdidas por ignición en las arenas recuperadas, se tienen en cuenta otros factores como son la humedad ambiental y la temperatura de las arenas.

1.2. Arenas de moldeo.

J.M. Navarro; (1962) realizó un estudio detallado de las características de las arenas de moldeo más usadas como materias primas en los procesos de fundición, donde analiza su composición, estructura, propiedades físico – mecánicas y capacidad de cambio. Hasta 1927 no se había empezado a prestar atención a la influencia de las características básicas de las arenas de moldeo. En este mismo año Moldenke, definiendo lo que consideraba una arena perfecta, declara que las arenas de moldeo ideales deben consistir en una arena que tenga todos los granos de tamaño uniformes y redondos, ya que los materiales finos obturan los espacios entre los granos, reduciendo así la permeabilidad.

Vemos como primera ventaja aparente emplear arenas uniformes para obtener buena permeabilidad; sin embargo esto proporciona al molde una baja densidad aparente; no obstante estas arenas poco densas y muy abiertas, se secan superficialmente muy rápido, lo que hace que los moldes sean muy difíciles de reparar en las partes defectuosas, además de ser perjudicial para el acabado superficial, esta baja densidad produce asperezas en las superficies de las piezas fundidas.

En los experimentos efectuados por J.M. Navarro; (1962) en sus investigaciones encontró que se obtuvieron permeabilidades semejantes con arenas de un solo tamiz y con arenas de diversos tamices, aunque su densidad sea muy distinta. La explicación de este fenómeno puede residir en que la permeabilidad no depende, en términos generales del porcentaje de la porosidad que presenta el aglomerado, sino del tamaño de los poros.

Para corroborar esto C. Ludwig, (1965), demuestra que las mezclas formadas por los granos uniformes pueden dividirse fácilmente por planos de deslizamientos simétricos bien definidos, mientras que las formadas por granos de diferentes tamaños y mezclados al azar resisten la división, porque los hábitos no simétricos de agregación interrumpen o bloquean los planos de deslizamiento. El comportamiento de estos agregados bajo presión también es diferente; así en los agregados que predomina un solo tamaño, se resuelve bajo presión en una estructura interconectada rígida, que no sufre fácilmente ninguna deformación de compresión



o de moldeo. Por otra parte el agregado en que predominan diferentes tamaños con sus componentes de fuerza en forma serpentínada es inestable bajo compresión. Este agregado es plástico y puede apretarse cambiando con otros subgrupos diferentes para formar un agregado mayor.

Las características fundamentales de las arenas de moldeo más utilizadas en la industria de la fundición (sílice, cromita, circonio, olivino), se describen en el trabajo realizado por Larrañaga y Armazabal, (2000), se realizan comparaciones entre sus principales propiedades (dureza, densidad, temperatura de fusión y dilatación lineal), se analizan además las características de los materiales auxiliares para preparar las mezclas de moldeo.

En estudio realizado por Oliveros, (2002), caracteriza desde el punto de vista físico – mecánico las arenas sílice, olivino y cromita, se determina los parámetros y propiedades de las mezclas autofraguantes y se evalúa la factibilidad económica del uso de las mezclas autofraguantes con la utilización de las arenas cubanas.

En el trabajo de diploma Alexander Rodríguez Guerrero realiza varios experimentos con la arena sílice en el moldeo autofraguante, evalúa la utilización de arena sílice para obtener las piezas de acero al manganeso obteniendo a escala de laboratorio mezclas de arena sílice según la Norma Cubana NEIB 03-05-14 para obtener piezas libres de defectos.

1.3. Mezclas de moldeo.

Una mezcla de moldeo, en su forma más simple, es la unión de diferentes materiales capaces de producir un material de construcción con el cual se pueda elaborar el molde, o sea, la cavidad en la que se ha de verter la aleación para obtener la pieza fundida. Los ingredientes básicos de las mezclas son: las arenas de moldeo, el aglutinante, que es el encargado de unir fuertemente los granos de la arena entre si y un agente activante de la aglutinación, que en la mayoría de los casos es el agua.

Las mezclas deben reunir una serie de propiedades, entre las cuales, las principales propiedades físicas son: la penetrabilidad a los gases, la resistencia a la tracción y la compresión, la plasticidad, refractariedad, entre otros, que desempeñan un papel primordial para la obtención de piezas de buena calidad. La granulometría, dimensiones y forma de los granos de las arenas también influyen mucho en el buen acabado de las piezas fundidas.



Dos procesos que han tenido importancia histórica: el proceso *Oven – Baked* que demostró la posibilidad real de reducir el ciclo de estufado mediante el perfeccionamiento del aglutinante, con lo cual se logró un aumento de la productividad. Por otra parte, el proceso en cáscara demostró, con mucho éxito, que un macho completo, listo para colocarse en el molde se puede sacar de una caja con una operación simple. No quedó duda que el desarrollo futuro en la producción de machos estaba dado por este principio ya que se podía prescindir de la resistencia en verde y lograr endurecimiento más rápido del macho dentro de su propia caja.

Según Houser, 1970, quien asegura que en lo que respecta a la producción de moldes, este proceso representó la obtención del espesor de la mezcla necesaria, para la producción de la pieza fundida (debido a las altas cualidades tecnológicas de las mezclas endurecidas). Como desventaja presenta que se puede utilizar solo en piezas pequeñas. Este proceso fue desarrollado en Alemania por Croning durante la segunda guerra mundial y también fue desarrollado por esta época en Estados Unidos.

1.4. Mezclas de moldeo autofraguantes.

Consiste en una mezcla de arena, aglomerantes (resina y catalizador) endurece pasado el tiempo a temperatura ambiente. Estos procesos se utilizan para la obtención de moldes y machos de cualquier volumen y peso.

La resistencia del molde o macho viene determinada por el tipo de aglomerante utilizado. Los catalizadores tienen la importante función de acelerar las velocidades de polimerización. Dependiendo del tipo de catalizador, se obtiene un endurecimiento de los moldes más o menos rápido. La temperatura de la arena, del molde y la temperatura ambiente actúan de sinérgica con el catalizador. Los parámetros que definen estas velocidades de endurecimiento en la fundición son la vida de banco y el tiempo de desmodelado.

Según Dorochenko, (1975) las mezclas de fraguado en frío con aglutinantes orgánicos fueron utilizadas por primera vez en fundición en el año 1929, considerándose factores determinantes en nuestros días y en el desarrollo futuro de esta forma de producción. Por ejemplo con este proceso hoy pueden obtenerse machos desde algunos gramos de peso de configuraciones complejas hasta machos y moldes de varias toneladas de peso.



En la actualidad este sistema se aplica mundialmente, aunque no está muy difundido, se divide en dos grupos: el sistema de fraguado ácido y el sistema uretano o poliuretano. Según Salcines, M.C; (1985) el sistema de fraguado ácido está formado por un grupo de resinas que endurecen mediante un proceso de policondensación en presencia de ácidos catalizadores. Está representada por las resinas Fenol – Formaldehído, Fenol – Formaldehído – Furánica, Fenol – Furánica, Urea – Formaldehído, Urea – Formaldehído – Furánica, Fenol – Urea – Formaldehído, Furánica y Furano – Formaldehído. Este grupo constituye el conjunto de resinas más empleada en la producción de moldes y machos, en los talleres de fundición de todos los países que emplean resinas sintéticas. Se considera que en este grupo se concentra el 90 % de la producción de resinas sintéticas para fundición.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y METODOS.

Todas las arenas de cuarzo independiente de su yacimiento, están formados por granos de diferentes tamaños. El tamaño, forma y distribución de los granos son parámetros importantes en las arenas empleadas en fundición, ya que de los mismos, y en forma más o menos directa, dependen varias propiedades físicas y tecnológicas del molde como por ejemplo, la permeabilidad, el acabado superficial, la resistencia mecánica. Así en un yacimiento pueden encontrarse granos de arena con dimensiones desde milímetros hasta algunos micrones.

Al conjunto de las partículas muy finas se le denomina componente arcilloso de la arena y técnicamente se designa como tal cada partícula inferior a 22 micrones, independientemente de su composición química. Las partículas mayores de 22 micrones son las que se denominan propiamente como arena.

El componente arcilloso se encuentra en todas las arenas y, mientras menor es su contenido, de mayor calidad es el yacimiento para su utilización en fundición.

El conocimiento del tamaño, forma y distribución de los granos y el contenido del componente arcilloso permite establecer una clasificación de las arenas de moldeo, de manera que pueda establecerse un lenguaje común acerca de las mismas.

2.1 Métodos de experimentación.



Existen dos métodos de planificación de experimentos, el método estadístico y el método clásico. Los métodos de planificación estadísticos se utilizan generalmente cuando se requiere encontrar las variantes óptimas de un proceso complejo con gran número de variables y donde es necesaria la variación de diversos factores simultáneamente. Por otra parte, el campo del método clásico se limita a la obtención de las dependencias particulares entre dos o tres parámetros. Estas dependencias son interesantes, principalmente para la interpretación teórica.

El método de experimentación utilizado para el desarrollo de este trabajo fue el método clásico, debido a que no se necesita encontrar variantes en diferentes factores y solo se requiere en específico de la granulometría de la arena sílice.

2.2 Análisis realizados a las arenas.

2.2.1 Distribución granulométrica de la arena sílice.

Existen varios métodos de clasificación de las arenas de moldeo, no obstante, los de más amplia difusión, lo constituyen: el sistema de clasificación de la sociedad de fundidores americanos (American Foundrymen Society), AFS, y el sistema soviético GOST, el sistema alemán DIN, el inglés BSI, Normas cubanas, entre otros.

El análisis mediante el cual se determina el tamaño de los granos de una muestra de arena se denomina análisis granulométrico, en el cual, 100g de la misma, se hace pasar a través de un juego de 11 tamices cuyas aberturas de malla varían desde alrededor de 3,5mm hasta, aproximadamente, 0,05mm.

El conjunto de tamices se hace vibrar durante 10 - 15 min y posteriormente, se procede a determinar el peso de arena que quedó retenido en cada uno de los tamices con una exactitud de alrededor de 0,01g.

Los ensayos se realizan en el laboratorio de la Unidad Estatal Básica de Fundición en la Empresa Mecánica del Níquel, basados en el sistema de clasificación de la Sociedad de Fundidores Americanos (AFS) establecida para estos tipos de materiales de moldeo.

Para determinar la distribución granulométrica de la arena sílice se utilizaron muestras extraídas de los yacimientos de Guane en Pinar del Río y Buena Vista en Isla de la Juventud respectivamente, se le realizaron una serie de análisis y se compararon con los análisis

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”

realizados a las muestras de la arena del yacimiento de Casilda, en la provincia de Sancti Spiritus, que es la que actualmente se utiliza en el taller.

2.2.1.1 Selección y preparación de la muestra.

La muestra de arena empleada en el ensayo es previamente separada de su componente arcilloso mediante un proceso de lavados sucesivos de arena (levigación). Esta operación, a su vez, sirve para conocer el contenido del componente arcilloso de la muestra en cuestión.

Para el proceso de selección de las muestras de arena sílice se realizaron los pasos siguientes:

1. Se tomaron muestras de nueve sacos de un lote de quince que fueron traídos del Yacimiento de Guane.
2. De los diez sacos que se trajeron del yacimiento de Buena Vista se tomaron muestras de ocho.
3. Para la muestra de ensayo se tomo 1 kg de arena de cada uno de los sacos.
4. Se determinó la granulometría de las muestras tomadas.

2.2.1.2 Equipos para determinar la granulometría de las arenas.

En la figura 2.1 se muestra el equipo empleado para la realización de este ensayo, Tamizadora modelo 029.

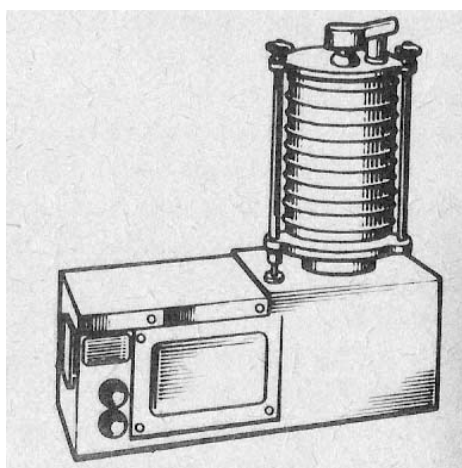


Figura 2.1 Tamizadora.

Las características técnicas se muestran a continuación:

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”

Diámetro interno de los tamices (nominales), mm	200
Número del sistema de los tamices.	11
Altura del sistema (con el lavabo y la cubierta), mm.	30
Masa máxima a tamizar, Kg.	2.5

Para realizar el pesaje de la muestra se utiliza una balanza del tipo BLB-100g que se muestra en la figura 2.2



Figura 2.2. Balanza BLB

Las características técnicas de la Balanza son:

- Rango de medición, g 100.
- Valor de una división de la escala, mg 0.1.
- Tensión de alimentación, 220V

2.2.1.3 Curva del porcentaje retenido.

Los resultados del ensayo granulométrico de una muestra de arena, generalmente se representan de forma gráfica. Para ello, previamente se procede a expresar el peso de arena retenido en cada tamiz, en porcentaje, del peso total de la muestra ensayada. Se pueden construir dos tipos de gráfico. El primero se conoce como curva del porcentaje retenido donde el eje X, indica el número del tamiz (o la abertura de malla) y el eje Y el porcentaje de arena retenido por tamiz.

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina
“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



Este tipo de gráfico nos da una idea de las características granulométricas de la arena. Así, por ejemplo, una curva con un solo máximo indica tendencia en la arena a un tamaño de grano predominante, uniformidad en la arena; en cambio, una curva con dos máximos separados, nos señala una arena con diversidad de granos no uniforme. Las arenas con curva de distribución granulométricas de dos máximos no son deseables para su aplicación en fundición. (Salcines, M.C., 1985).

2.2.1.4 Curva del porcentaje acumulado.

La segunda forma de expresar los resultados del ensayo del análisis granulométrico es mediante la llamada curva del porcentaje acumulado. En este caso, al primer tamiz que retuvo arena se le asigna el porcentaje retenido, pero al siguiente se le asigna el que el retuvo, mas el del tamiz anterior y así sucesivamente. De esta forma, al último tamiz (fondo) se le asignará el 100% de la arena.

2.2.1.5 Número de finura del grano (NF).

Para determinar el número de finura del grano en una muestra de arena, el porcentaje retenido en cada tamiz se multiplica por un factor K que es igual (excepto en los tres primeros tamices y en el fondo) al número equivalente del tamiz anterior o mesh (número de orificios en una pulgada lineal de malla) de tamiz. Los productos obtenidos por multiplicar el porcentaje retenido en cada tamiz por el factor K correspondiente a ese tamiz, se suman. Esta suma se divide entre el porcentaje total de granos retenidos en todos los tamices y el fondo.

El valor obtenido se conoce como número de finura del grano y por definición, es el tamaño promedio de los granos de esa muestra y representa el número del tamiz por cuya abertura pasarían todos los granos de esa muestra si estos fueran del mismo tamaño. (Salcines, M.C., 1985).

2.2.1.6 Superficie específica de los granos.

Por superficie específica de los granos se entiende la superficie externa total de la unidad de peso de la muestra de arena y se expresa en cm^2/g . Se conocen dos formas de expresión de este parámetro: la superficie específica teórica (SET), que representa la superficie externa de la unidad de peso si todos los granos de la muestra tuvieran la forma esferoidal y la



superficie específica real (SER) o efectiva, que representa la verdadera superficie externa por unidad de peso de la muestra, considerando la forma real de los granos.

Así pues, la superficie específica es función del tamaño del grano y de su grado de angularidad. La superficie específica de la arena será mayor cuando más finos sean los granos y para un tamaño de grano dado, cuando estos posean mayor angularidad. La superficie específica es una medida de la demanda de líquido aglutinante en una arena.

2.2.1.6.1 Superficie específica real (SER)

Para el cálculo de la superficie específica real (SER) se emplea el método gráfico propuesto por J.M.Middleton en el cual se relacionan superficie específica real y número de finura del grano.

El autor parte del hecho real de que, en general, el número de finura del grano promedio de una arena es un índice de superficie específica.

Señala que solamente en casos muy excepcionales de arenas con un grano muy disperso, o con una gran angulosidad, es necesario hacer un ensayo de superficie específica para tener una información más precisa que la que ofrece el gráfico.

2.2.1.7 Coeficiente de angulosidad (Ca).

El coeficiente de angulosidad da una medida del grado de redondez de los granos de arena y las investigaciones han demostrado que es un parámetro efectivo para definir la cantidad de aglutinante requerido en una arena. El cociente de dividir la superficie específica real y la teórica se conoce como coeficiente de angulosidad o sea:

$$\text{Coef.angulosidad} = \frac{SER}{SET}$$

2.3 Análisis realizados a las mezclas de moldeo.

Para evaluar las propiedades de estas mezclas, se analizaron los parámetros siguientes: permeabilidad y resistencia a la tracción.

Para la elaboración de las mezclas de moldeo se hizo lo siguiente:

- 1) Se utilizó entre 1,2 y 2 % de resina en dependencia del peso de la arena y 35 % de catalizador con respecto al peso de la resina.

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina
“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”

- 2) Se procedió al mezclado de la misma.
- 3) Se realizaron los análisis necesarios y se compararon con las mezclas utilizadas actualmente en el taller.

2.3.1 Orden de Mezclado.

Se mezcla la arena sílice con el catalizador por un tiempo de 1 min, luego se le añade la resina por el mismo período de tiempo, la mezcladora utilizada fue del tipo 1M58 según se muestra en la figura 2.3.

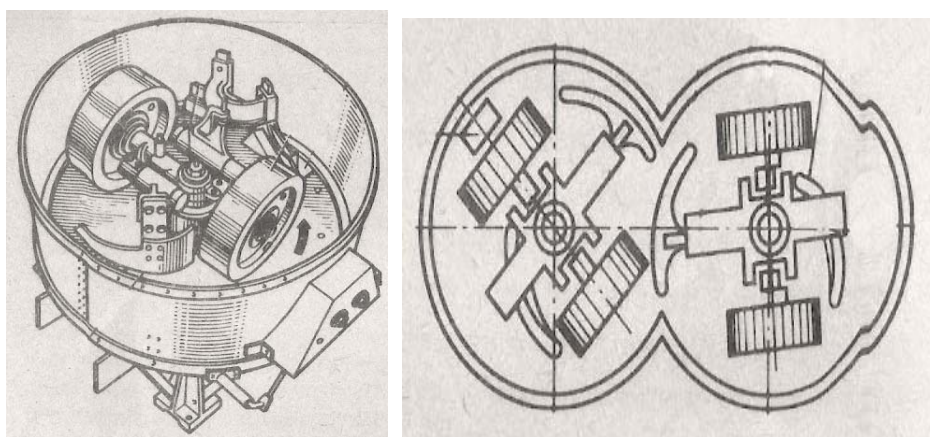


Figura 2.3 Mezcladora 1M58.

Las características técnicas son:

Capacidad de mezcla	46 rev/min.
Accionamiento 230 V corriente alterna.	22KW; 16 A
Peso	35 Kg.

El producto obtenido, se descarga y se elaboran probetas para realizar los ensayos de resistencia a la tracción y la permeabilidad, se puede observar en la figura 2.4

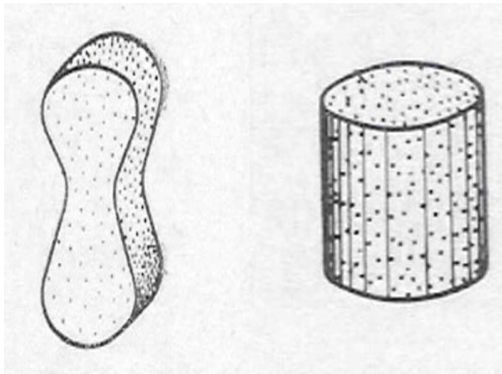


Figura 2.4. Forma de las Muestras.

Las probetas se realizan en un martinete, este se muestra en la figura 2.5

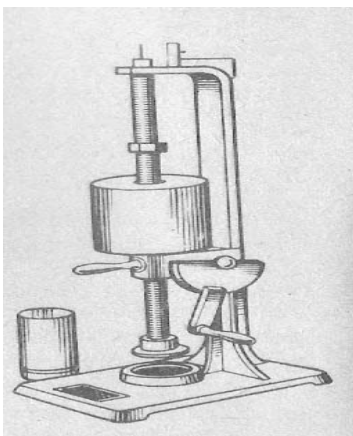


Figura 2.5 Martinete.

2.3.2 Ensayo de permeabilidad.

La permeabilidad es la capacidad que tiene las mezclas de moldeo de permitir a través de ella el paso de los gases que se producen al realizar el vertido del metal líquido en los moldes y constituye uno de los índices más utilizados para la evaluación de las mezclas de moldeo; resulta ser un parámetro de mucha importancia, ya que es considerable la cantidad de gases a evacuar desde la superficie del molde hacia la atmósfera a través de este. Para determinar este parámetro se empleó la metodología utilizada en los talleres de fundición, detallada; Salcines, M.C., 1985.

El análisis de permeabilidad, se realiza al cumplirse las cuatro horas de elaboradas las probeta y debe tener una permeabilidad mayor de 50 unidades, (a mayor permeabilidad, es mejor para el proceso, siempre que se mantengan los valores de resistencia adecuados, es decir 2 kgf/cm^2).

Este análisis se realiza en equipo modelo 042M fabricado en la URSS, como se muestra en la figura 2.6.

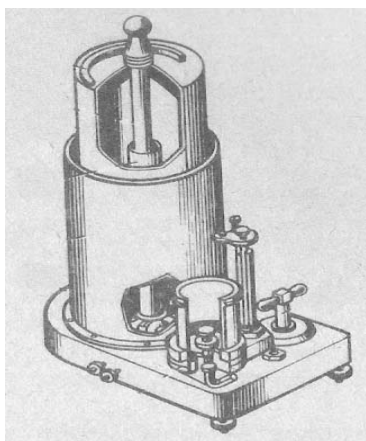


Figura 2.6 Permeámetro.

Las características técnicas del permeámetro son las siguientes:

Tipo de equipo 042M, con la disposición de la camisa hacia arriba.

Presión máxima que crea la campana (cm. de columna de agua), 10

Volumen de aire que pasa a través de la muestra (en mm), 2000

Cierre con tapón de goma.

Medición de presión con manómetro de agua.

Funcionamiento del equipo por métodos normales y métodos acelerados.

Dimensiones exteriores (mm) largo 360, ancho 240, alto 270.

Masa del equipo (kg), 16.



2.3.3 Ensayo de resistencia a la tracción.

Los ensayos de resistencia a la tracción se realizan en un equipo semiautomático modelo 084-M2 en un tiempo estimado de 2, 4 y 24 horas después de elaboradas las probetas.

Este equipo se utiliza para determinar propiedades de resistencia de las mezclas de moldeo y para machos, tales como resistencia a la compresión, a la tracción, corte y flexión en verde, seco o en estado sólido.

Para el análisis de las propiedades de las mezclas de moldeo que nos ocupan solo determinaremos la resistencia a la tracción.

Las características técnicas de este equipo se muestran a continuación.

Límites de resistencia de las muestras (Kg/cm^2).

Compresión de las muestras en verde 0.2-2.0 (Kg/cm^2).

Compresión y corte de las muestras en seco 1.0-4.0 (Kg/cm^2).

Alargamiento de las muestras en seco 1.0-10 (Kg/cm^2).

Velocidad de la carga aplicada no más de:

- con la compresión de las muestras en verde 1.5 (kgf/cm^2).
- con la compresión y el corte de las muestras en seco 16 (kgf/cm^2).

Dimensiones exteriores del equipo L 506, A 350, H 615 (mm).



CAPÍTULO 3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Aunque las arenas empleadas en fundición pueden ser de varios tipos, son las de cuarzo las que superan a todas las demás en cuanto a aplicación se refiere. Esto se debe a que las arenas de cuarzo constituyen un material barato, abundante y de tan buenas propiedades técnicas como los demás tipos de arenas de fundición. El componente fundamental de las arenas de cuarzo es el bióxido de silicio (SiO_2).

Cuba posee varios yacimientos de cuarzo, algunos muy notables por su alta pureza y calidad. Los principales yacimientos en explotación para la producción de mezclas de moldeo se encuentran en la provincia de Pinar del Río (Guane, Santa Teresa, Cortés, Santa Bárbara); en la Isla de la Juventud (Buenavista) y en el municipio de Trinidad de la provincia de Santi Spíritus (Casilda).

La mayoría de las arenas de cuarzo cubanas se caracterizan por un alto contenido de SiO_2 (95 %) y un contenido relativamente bajo de impurezas, por lo que encuentran aplicación como arena de moldeo en fundición.

Durante el proceso productivo que tiene lugar en la UEB Fundición se enfrentan a diario con disímiles problemas técnicos que influyen negativamente sobre los resultados económico-productivos. Muchos de ellos están provocados por la deficiente calidad de las materias primas.

La arena utilizada actualmente para la elaboración de las mezclas es procedente del yacimiento Casilda en la provincia de Sancti Spíritus, la cual no satisface sus necesidades desde el punto de vista de su distribución granulométrica, provocando gastos excesivos de otras materias primas que se usan para elaborar la mezcla de moldeo, tales como resinas y catalizador, así como defectos de fundición tales como poros y sopladuras.

Teniendo en cuenta lo antes expresado se procedió a realizar una evaluación de las características de las arenas de otros yacimientos del país como son Guane en Pinar del Río y Buena Vista en la Isla de la Juventud, en aras de sustituir la que actualmente se usa por otra de mejor calidad.

Durante la realización de este trabajo se tomaron muestras de las arenas de los yacimientos antes mencionados y se procedió a realizar los ensayos y pruebas para comprobar la calidad de las mismas.

3.1. Distribución granulométrica de la arena sílice.

En este trabajo se tomó como referencia la arena sílice recomendada por la AFS para su uso como material de moldeo en el proceso autofraguante, para determinar cual de las arenas de los yacimientos objeto de estudio cumple con los requisitos mínimos indispensables para estos fines, las características de esta arena se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características de las arenas recomendadas por la AFS

	Grado de uniformidad de los granos, %				
	Tamiz, mm	Porcentaje retenido	Total retenido en tamices consecutivos	Nro. de finura	Coefficiente de angulosidad
Arena recomendada según AFS	0.425	36.2	90,5	42	1,4
	0.30	34.4			
	0.212	19.9			

3.2. Distribución granulométrica de la arena sílice procedente del yacimiento de Casilda.

La caracterización granulométrica de la arena procedente del yacimiento de Casilda en Sancti Spiritus, es esta la que utiliza el taller de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel para la confección de las mezclas, pero no se logran obtener producciones de calidad y el consumo de materiales tales como resina y catalizador es muy alto, debido a que como se muestra en la tabla 2, es una arena concentrada de tres tamices, pero muy fina, pues el tamaño predominante de los granos oscila entre 0,106 y 0,212 mm por lo que no es la recomendada para estos fines por la norma AFS.

Tabla 2. Características granulométricas de la arena del Yacimiento de Casilda.

Yacimiento	Grado de uniformidad de los granos, %				
	Tamiz, mm	Porcentaje retenido	Total retenido en tamices consecutivos	No de finura	Coefficiente de angulosidad



Casilda	0,850	0,1300	76,22	78	1,3
	0,600	0,8085			
	0,425	3,6432			
	0.300	8,7230			
	0,212	20,3500			
	0.150	25,7000			
	0.106	30,1715			
	0.075	9,6296			
	0.053	0,7445			
	0.00	0,0600			

Lo antes expresado se puede corroborar en la figura 3.1, donde se observa que es una arena de granos bastante uniforme, debido a que existe un tamaño de grano predominante que es 0,106 mm, con alrededor del 30 % del tamaño total de la arena.

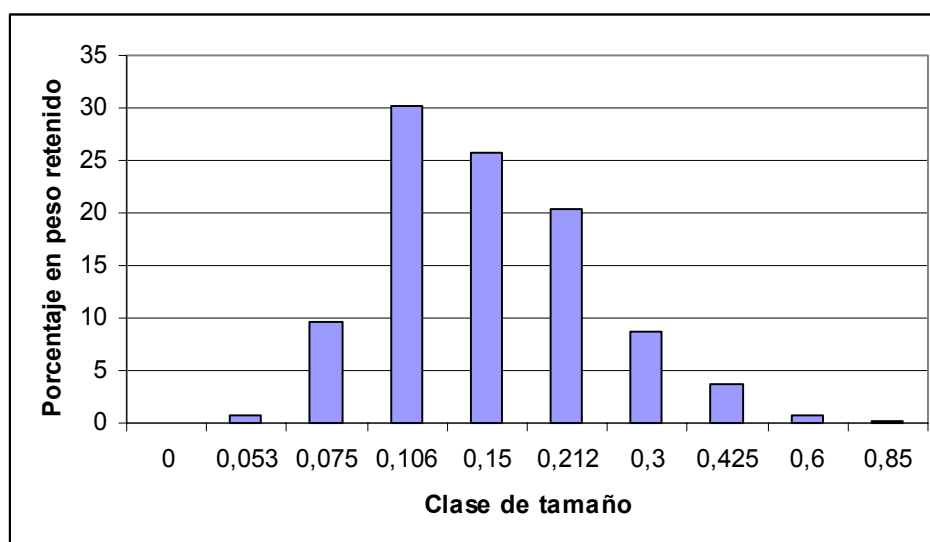


Figura 3.1 Curva del porcentaje de granos retenidos por tamices.

La curva del porcentaje de granos acumulados figura 3.2 brinda una gran utilidad práctica ya que a través de ella se puede conocer el diámetro promedio del grano de la arena, que en el caso de esta arena es alrededor de 0.150 mm.

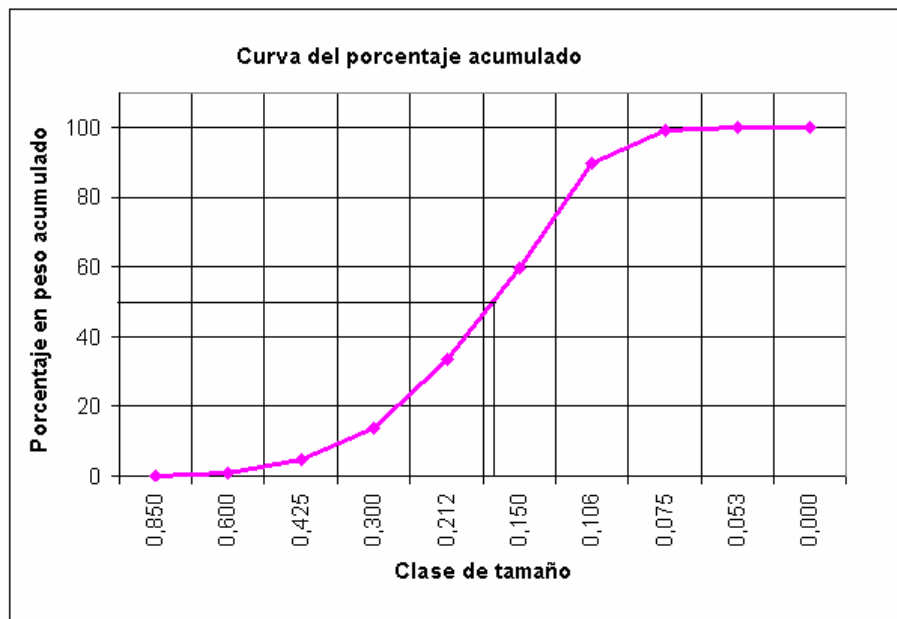


Figura 3.2 Curva del porcentaje de granos acumulados por tamices.

Las propiedades de las arenas dependen tanto de su distribución granulométrica como del tamaño de los granos y un aspecto importante es el número de finura, el cual se calcula a partir del porcentaje retenido por tamices, cuyo valor es 78 %

Una vez conocido este valor se determinó el diámetro promedio de los granos mediante la siguiente fórmula:

$$d_{prom} = \frac{25,4}{2NF}$$

donde:

d_{prom} – diámetro promedio del grano, mm

NF – número de finura del grano.

$$d_{prom} = \frac{25,4}{2 \cdot 78} = 0.16mm$$

Conocido el número de finura se determina el valor de la superficie específica real según el método gráfico propuesto por J.M.Middleton, donde se traza una perpendicular a partir del valor del número de finura que se encuentra en el eje X hasta cortar la curva, luego se traza otra perpendicular hasta cortar el eje Y donde están los valores de la superficie específica

real, el valor obtenido fue de 180 cm²/g, lo que demuestra que los granos de arena de este yacimiento son relativamente finos.

Una vez conocidos los valores de la superficie específica real y la superficie específica teórica se procede a calcular el coeficiente de angulosidad, este da una medida del grado de redondez de los granos de arena, se obtuvo el siguiente valor:

$$\text{Coef.angulosidad} = \frac{SER}{SET}$$

$$\text{Coef.angulosidad} = \frac{180}{138} = 1,3$$

Lo que significa que esta es una arena con los granos redondos ya que este valor se encuentra muy próximo a 1.

3.3 Distribución granulométrica de la arena sílice del yacimiento de Buena Vista.

La muestra de arena tomada de este yacimiento fue en estado natural y beneficiada en el laboratorio del taller de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel según donde se eliminaron en buena medida los granos mayores de 0,63 mm y los menores de 0,125 mm

La caracterización de la arena de este yacimiento se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Características granulométricas de la arena del Yacimiento de Buena Vista.

Yacimiento	Grado de uniformidad de los granos, %				
	Tamiz, mm	Porcentaje retenido	Total retenido en tamices consecutivos	No de finura	Coeficiente de angulosidad
Buena Vista	0,850	0,144	46	120	1,6
	0,600	5,497			
	0,425	27,190			
	0.300	28,299			
	0,212	21,243			
	0.150	11,790			
	0.106	5,040			



0.075	0,535
0.053	0,084
0.00	0,179

De la tabla anterior se puede decir que esta es una arena concentrada de tres tamices, de granos gruesos, el tamaño predominante es de 0,075 mm aproximadamente, acorde con las exigencias de la norma AFS.

Esto se puede corroborar en la figura 3.3, que se muestra a continuación, donde se puede comprobar que es una arena con diversidad de granos no uniformes debido a que presenta dos máximos separados, el tamaño del grano oscila desde 0,300 - 0,425 mm.

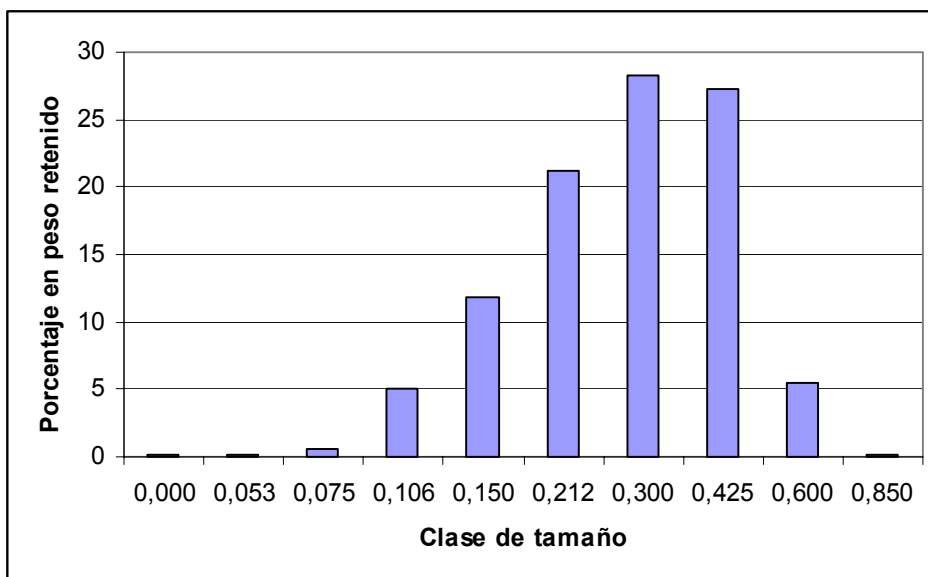


Figura 3.3 Curva del porcentaje de granos retenidos por tamices.

Para conocer el diámetro promedio del grano de la arena, este trabajo se basa en la curva del porcentaje de granos acumulados que se muestra en la figura 3.4, de aquí se puede

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



observar que en diámetro promedio de la arena del yacimiento de Buena vista es aproximadamente de 0,3 mm.

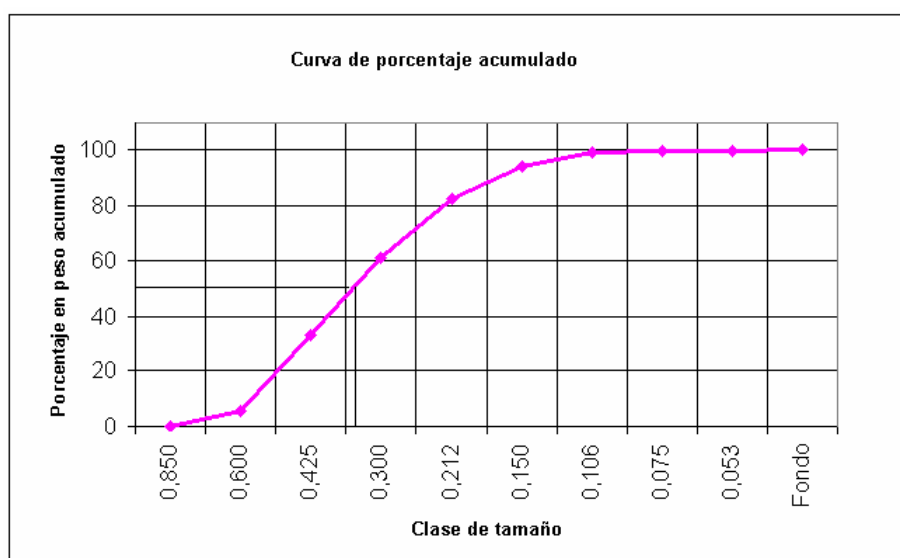


Figura 3.4 Curva del porcentaje de granos acumulados por tamices.

En función del porcentaje retenido por tamices se determina el número de finura de dicha arena resultando ser 46 %.

Seguidamente se procedió a calcular el diámetro promedio de los granos de arena mediante la fórmula descrita anteriormente, cuyo valor es 0.27 mm.

Según la metodología descrita anteriormente para calcular el valor de la superficie específica real, se obtuvo un valor de 120 cm²/g, lo que demuestra que los granos de arena del presente yacimiento son gruesos.

Conocidos estos valores se calcula el valor del coeficiente de angulosidad, según la fórmula descrita anteriormente, donde se obtuvo un valor de 1,6, lo que significa que estos granos son angulosos.

3.4 Distribución granulométrica de la arena sílice del yacimiento de Guane.

La muestra de arena del yacimiento de Guane en Pinar del Río también fue analizada en este trabajo, en aras de encontrar la arena con la granulometría más adecuada para la

elaboración de las mezclas de moldeo en proceso autofraguante, garantizando así una mejor calidad en las piezas fundidas y un menor consumo de resina y catalizador en su confección.

Los resultados de estos experimentos se resumen en la tabla 4, donde aparecen las principales características de esta arena.

Tabla 4. Características granulométricas de la arena del Yacimiento de Guane.

Yacimiento	Grado de uniformidad de los granos, %				
	Tamiz, mm	Porcentaje retenido	Total retenido en tamices consecutivos	No de finura	Coefficiente de angulosidad
Guane	0,850	10,4663	38	90	1.5
	0,600	17,8411			
	0,425	31,3889			
	0.300	20,8541			
	0,212	8,3236			
	0.150	4,8440			
	0.106	3,6980			
	0.075	1,4285			
	0.053	0,6821			
	0.00	0,4734			

De la tabla anterior sobre la distribución granulométrica de la arena procedente de este yacimiento se puede concluir que es una arena de tres tamices, al alcanzar un 70,1 % de granos retenidos en las clases de tamaño 0,6; 0,425 y 0,3 mm. Esto quiere decir que es una arena de grano uniforme lo cual es ventajoso para el proceso de fundición.

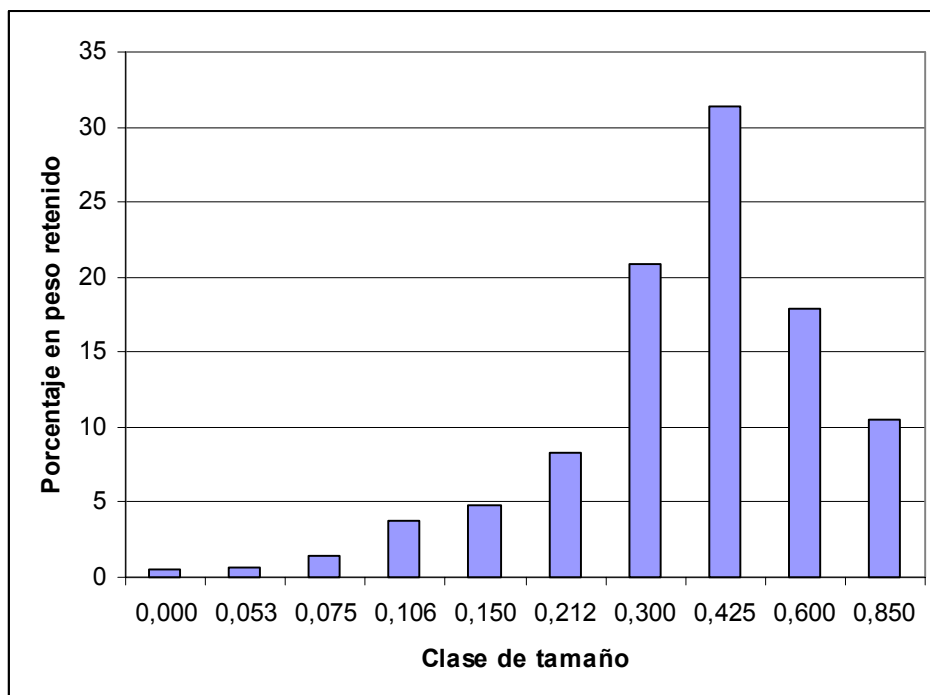


Figura 3.5 Curva del porcentaje de granos retenidos por tamices.

Esto queda demostrado en la figura 3.5, donde se puede comprobar que es una arena de granos uniformes debido a que presenta un solo máximos, el tamaño mayor del grano es de 0.425 mm, este tipo de arena es recomendable para su aplicación en fundición.

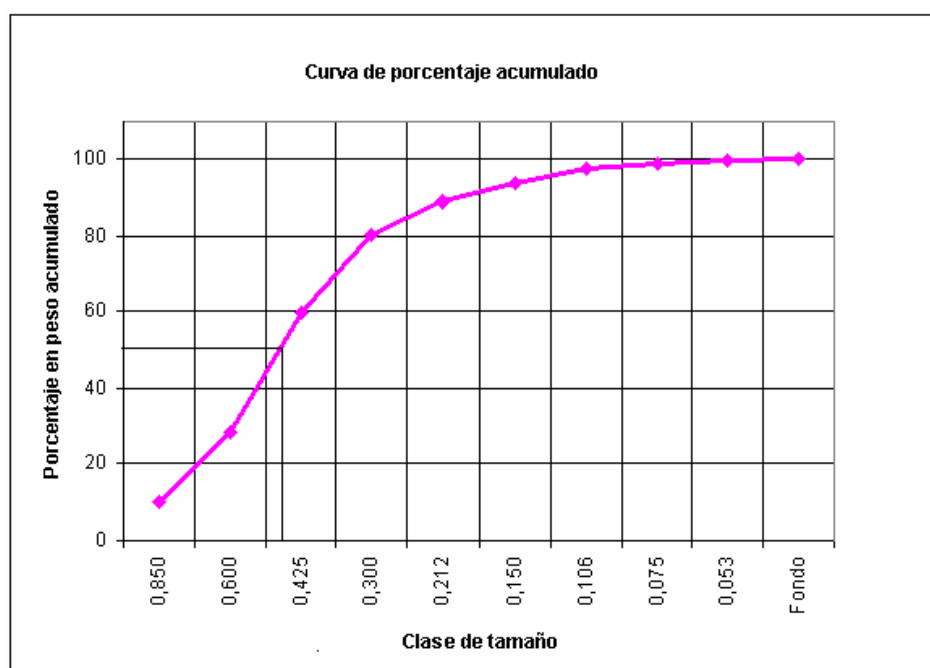




Figura 3.6 Curva del porcentaje de granos acumulados por tamices.

En la figura 3.6 se muestra la curva de porcentaje de granos acumulados que da la medida del diámetro promedio de los granos de arena de este yacimiento, aquí se puede observar que es de alrededor de 0,425 mm.

De acuerdo al porcentaje retenido por tamices se determina el número de finura y en el caso de esta arena es de 38%, lo que quiere decir que esta arena es de granos gruesos, del tipo de las recomendadas por la AFS para su uso en fundición.

El cálculo del diámetro promedio de los granos se realizó de acuerdo a la metodología seguida hasta el momento y es de 0.03 mm.

La superficie real de esta arena según los cálculos realizados tiene un valor de 90 cm²/g, lo que demuestra que los granos son relativamente gruesos.

Según la formula seguida se realiza el cálculo del coeficiente de angulosidad que para esta arena es de 1,5, al igual que la del yacimiento de Buena Vista resulta ser de granos angulosos.

3.5 Distribución granulométrica de la arena sílice del yacimiento de Casilda, Guane y Buena Vista.

Luego de caracterizadas las arenas de los yacimientos de Buena Vista y Guane, además de la caracterización existente de la arena del yacimiento de Casilda, cuyos resultados se muestran en la tabla 5 que se encuentra en el Anexo se hizo un análisis comparativo de las características granulométricas de las arenas de los tres yacimientos.

De esta tabla podemos concluir que la arena del yacimiento de Casilda es una arena concentrada de tres tamices, pero muy fina, pues el tamaño predominante de los granos oscila entre 0,106 y 0,212 mm, la arena procedente de Buena Vista es una arena concentrada de tres tamices, de granos gruesos, el tamaño predominante es de 0,075 mm aproximadamente y la arena del yacimiento de Guane es una arena de tres tamices, al alcanzar un 70,1 % de granos retenidos en las clases de tamaño 0,6; 0,425 y 0,3 mm, por lo que se puede decir que la arena de mejores condiciones para su uso en la confección de mezclas de moldeo y para machos es la arena procedente del yacimiento de Guane, esto se puede comprobar en la figura 3.7.

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”

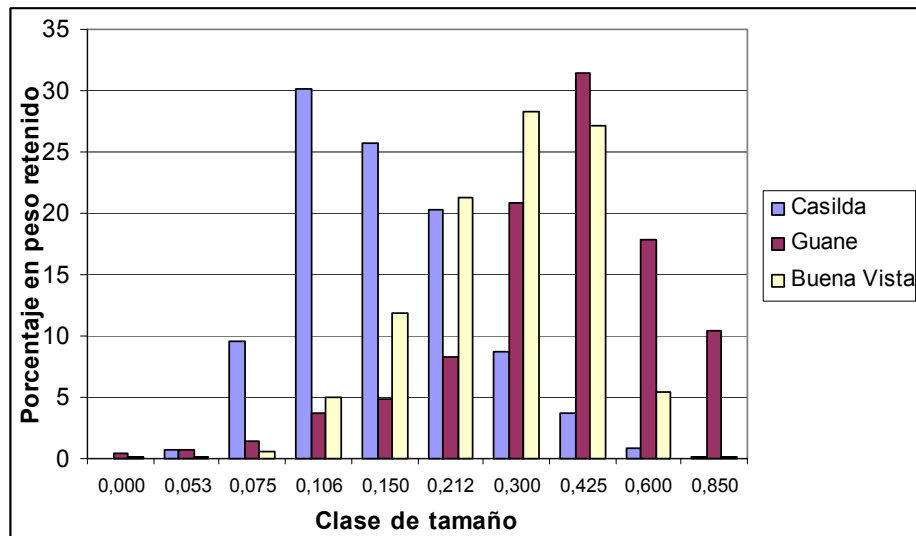


Figura 3.7 Curva del porcentaje en peso retenido de los yacimientos de Casilda, Guane y Buena Vista.

En esta figura se observa que la arena procedente del yacimiento de Guane tiene un solo máximo por lo que esta arena presenta granos uniformes donde alrededor del 31 % de sus granos tiene una granulometría de 0,425 mm, la arena procedente de Casilda es similar a esta, también tiene un solo máximo, o sea es una arena concentrada, alrededor del 30 % de los granos presenta una granulometría de 0.106, lo que quiere decir que sus granos son más finos, la arena procedente de Buena Vista presenta dos máximos por lo que no es una arena de granos uniformes, ya que existe diversidad de granos y están comprendidos entre 0,300 y 0,425 mm, es por ello que no es recomendable su uso para la fundición.

Otro aspecto muy importante para la selección de la arena a utilizar en la elaboración de mezclas de moldeo en el proceso autofraguante es el porcentaje de granos acumulados por tamices, debido a que a través de ella se puede conocer el diámetro del grano de arena.

En la figura 3.8 se observa que de las arenas estudiadas la de mayor granulometría es la del yacimiento de Guane y su diámetro promedio es de 0,425 mm y como se dijo anteriormente satisface las exigencias propuestas por la norma AFS.

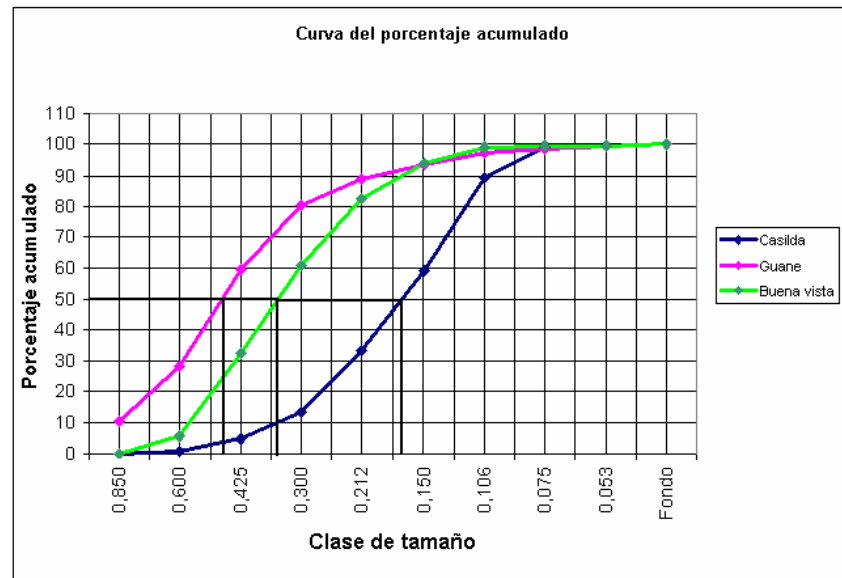


Figura 3.8 Curva del porcentaje en peso acumulado de los yacimientos de Casilda, Guane y Buena Vista.

A partir del porcentaje retenido en cada tamiz de cada una de las arenas analizadas y determinado el número de finura de cada una de ellas se puede llegar a la siguiente conclusión: la arena de Casilda presenta una granulometría muy fina donde alrededor del 78 % de sus granos son inferior a 0,212 mm, la de Guane es la más gruesa de las estudiadas donde alrededor del 38% de sus granos sobrepasa los 0,300 mm, la de Buena Vista tiene una granulometría media con un número de finura de 46 % con granos comprendidos entre 0,300 y 0,053, esto se corrobora en la figura 3.9

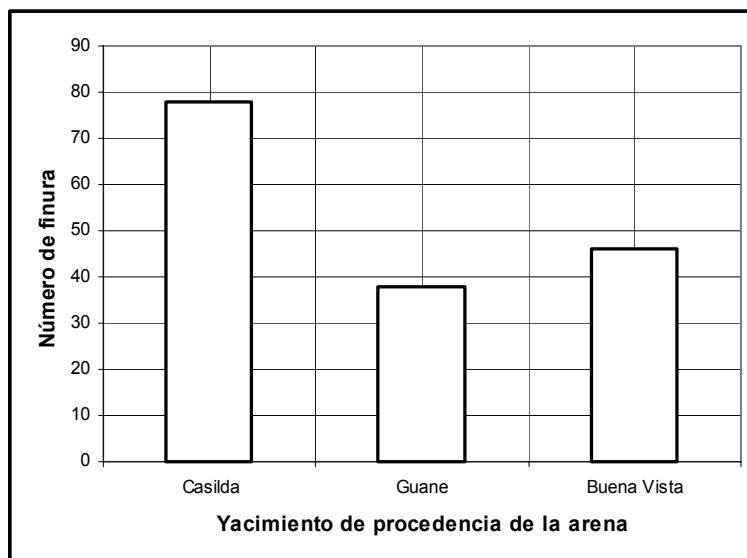


Figura 3.9 Número de finura de los yacimientos de Casilda, Guane y Buena Vista.

Analizado el número de finura de las arenas estudiadas y conocido el diámetro promedio de cada una de ellas se puede decir que como se muestra en la figura 3.10 queda demostrado que la arena del yacimiento de Casilda presenta una granulometría bastante fina, siendo la de Guane la de mejores propiedades desde este punto de vista.

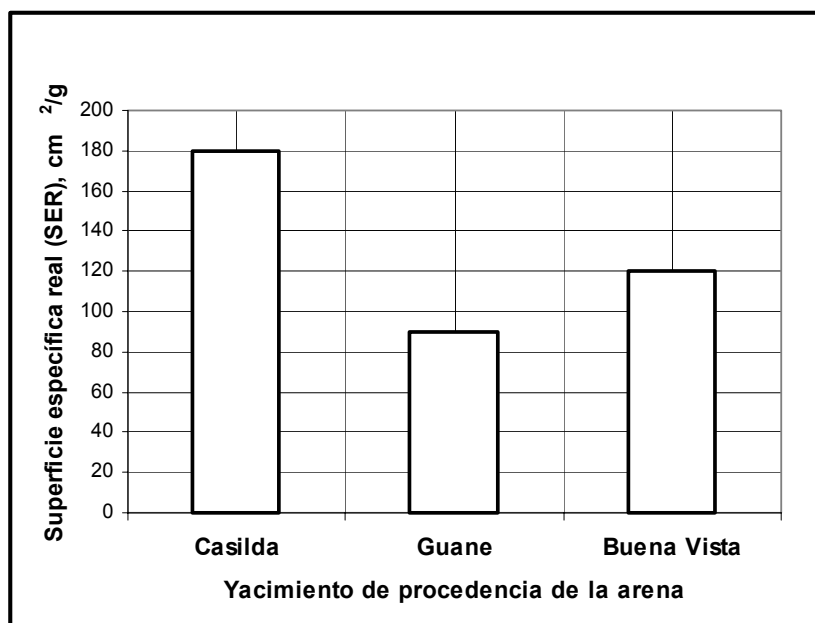


Figura 3.10 Superficie específica real de los yacimientos de Casilda, Guane y Buena Vista.

Como se ha dicho el coeficiente de angulosidad da una medida del grado de redondez de los granos de arena y determinados estos valores en cada una de las arenas de los yacimientos estudiados se puede afirmar que las arenas del yacimiento de Casilda son las de granos más redondos ya que es la que su valor se encuentra más próximo a 1.

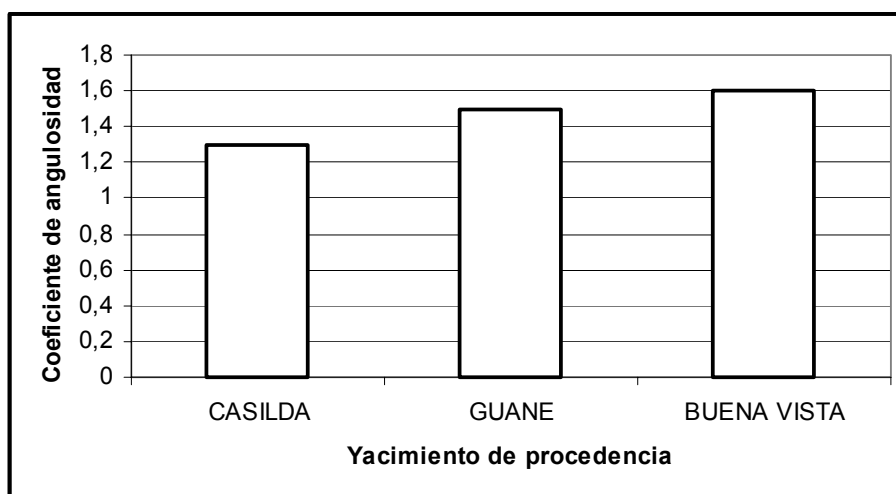


Figura 3.11 Coeficiente de angulosidad de los yacimientos de Casilda, Guane y Buena Vista.

3.6 Resultados de los ensayos a las mezclas de moldeo.

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) **Sara Iris Grey Medina**

"Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel"



De los resultados expresados anteriormente sobre el estudio granulométrico de las arenas de diferentes yacimientos nacionales, se comprobó que la arena más adecuada para utilizar en el proceso productivo del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel es la procedente del yacimiento Buena Vista, municipio Isla de la Juventud, debido a su composición granulométrica.

Para corroborar esto se realizan una serie de ensayos, para determinar las propiedades de las mezcla de moldeo elaboradas con esta arena.

3.6.1 Propiedades de las mezclas de moldeo elaboradas a partir de la arena proveniente del yacimiento de Buena Vista.

3.6.1.1 Ensayo de permeabilidad.

Para realizar el estudio de las mezclas de moldeo con estas arenas se elaboraron mezclas de moldeo con la composición que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 Mezclas de moldeo con el uso de la arena del yacimiento de Buena Vista.

Yacimiento	Cantidad de resina, %	Cantidad de catalizador, %	Tiempo de fraguado, h
Buena Vista	1,2	35	2
			4
			24
	1,4	35	2
			4
			24
	1,6	35	2
			4
			24
	2	35	2
			4
			24

Una vez confeccionada la mezcla se procede al mezclado de la misma por un período de un minuto, se confeccionan las probetas y se dejan reposar por un período de 4 horas y luego se realiza el análisis de permeabilidad, en un permeámetro, cuyo valor es de 398 unidades, lo

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”

que demuestra que esta arena tiene muy buena capacidad para evacuar los gases que se generan durante el proceso disminuyendo así la probabilidad de obtención de piezas con defectos producidos por gases.

3.6.1.2 Ensayo de resistencia a la tracción.

El ensayo de resistencia a la tracción se realiza con las proporciones de resina y catalizador que se muestran en la tabla 5, en un tiempo estimado de 2, 4 y 24 horas después de elaboradas las probetas.

De dicho análisis se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resistencia a la tracción de la mezcla de moldeo.

Yacimiento	Cantidad de resina, %	Cantidad de catalizador, %	Tiempo de fraguado, h	Resistencia a la tracción, Kg/cm ²
Buena Vista	1,2	35	2	0,25
			4	0,6
			24	0,3
	1,4	35	2	0,4
			4	0,7
			24	0,55
	1,6	35	2	0,55
			4	0,85
			24	0,7
	2	35	2	0,7
			4	1
			24	0,9

Como se puede observar en la tabla los valores de resistencia a la tracción no superan los 2 Kg/cm² recomendados en la literatura, no obstante se considera que esta arena reúne los requisitos para su utilización en la confección de la mezclas para el proceso autofraguante.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Ejemplo: La mezcla de moldeo elaborada con arena de Casilda alcanza resistencia a la tracción de 0,55 Kg/cm² con un 2,5 % de resina y la mezcla elaborada con la arena de



Buena Vista alcanza el mismo valor con 1,6 %. Además esto se logra en un menor tiempo de fraguado.

Para una tonelada de arena se tiene:

	Arena de Casilda	Arena de Buena Vista	Ahorro
Consumo de resina, \$	112,50	72,00	40,50
Consumo de catalizador, \$	22,31	14,28	8,03
Ahorro total, \$			48,53

En el transcurso del presente año se han consumiendo un promedio de 80 t mensuales de arena para el sistema autofraguante por lo que se lograría un ahorro de \$ 3882,4 cada mes y 46588,8 anuales en el caso del ejemplo que estamos utilizando.

Por otra parte es importante significar que los valores de permeabilidad de las mezclas elaboradas con la arena del yacimiento Buena Vista (398) son muy superiores a los que se obtienen utilizando la arena de Casilda (142) lo cual reduciría notablemente los defectos de fundición por poros y sopladuras de gases, mejorando la calidad y la economía.

CONCLUSIONES

Del análisis realizado sobre el estudio granulométrico de las arenas estudiadas de los yacimientos de Guane en Pinar del Río y Buena Vista en Isla de la Juventud se arriba a las siguientes conclusiones:

- La arena del yacimiento Buena Vista es una arena concentrada de tres tamices con diversidad de granos no uniformes, con un tamaño de los granos de 0.075 mm y un diámetro promedio de 0.3 mm acorde con las exigencias de la AFS, además los granos presentan una forma angulosa.
- La arena del yacimiento Guane cumple con los parámetros de distribución granulométrica exigidos por la AFS, no obstante para ser utilizada en el proceso autofraguante debe ser lavada, secada y clasificada.
- La arena del yacimiento de Buena Vista a pesar de no reunir exactamente todos los parámetros exigidos por la norma AFS; debido a su granulometría se obtienen mezclas

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



con buenas propiedades mecánicas, se logra así una significativa disminución de materiales tales como resina y catalizador y una disminución en los costos del taller.

RECOMENDACIONES.

Después de realizado este análisis se recomienda lo siguiente:

- Sustituir la arena que se utiliza actualmente en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel del yacimiento de Casilda por la del yacimiento de Buena Vista en la Isla de la Juventud.

BIBLIOGRAFÍA.

AGUIRRE, F., Murro. “Arenas de Moldeo”, suplemento de la revista Fundición. Madrid, 1970.

Asociación de Fundidores del País Vasco y Navarra. Arenas de Moldeo en Fundiciones Férrreas. Obtenido de la Red Mundial, 2000.

Asociación de Fundidores Americanos (AFS). Defectos de fundición. Madrid: Editorial Aguilar, 1959

Curso de Moldeo Químico. Bilbao. 1997.

ENRÍQUEZ, G.F. Manual del Fundidor. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de La Habana, 1986.

ENRÍQUEZ, F. Mezclas de moldeo y pinturas antiadherentes. Edit. Científico Técnico. Ciudad Habana. Cuba. 1990.

FLORES, J. “Arenas de moldeo y su control” revista Moldeo y Fundición. Año 1, No.3, Diciembre, 1958.

LEYVA, A. Evaluación de materiales nacionales como posible fuente de materia prima en la producción de arena refractaria, para relleno en el cierre de correderas del Horno de Cuchara. Moa. 2006.

MITROFÁNOV S.I; y otros. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los materiales, Editorial Mir, Moscú, 1982.

FORDATH. Manual de Sistema Autofraguante para la Producción de moldes, 2000.

Trabajo de diploma en opción al título de Ing. Metalúrgico (2010) Sara Iris Grey Medina

“Influencia de la granulometría de la Arena Sílice en el consumo de Resina y Catalizador para la elaboración de Mezclas de Moldeo en el proceso autofraguante en la UEB de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel”



BURMACH CASTROL CHEMICAL S.A Y PRESIDER. Manual Sistema Autofraguante para la Producción de moldes. 2004.

OLIVEROS, E: Evaluación de mezclas autofraguantes para la obtención de piezas fundidas en la empresa mecánica del níquel. ISMM. Moa, 2002.

PONS, H.J; C. A. LEYVA; A. FIOL. Características generales de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa. (zona Merceditas). Revista Minería y Geología. No.2. Moa. 1998.

PONS, H.J., C. A. LEYVA. Características generales de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa. (Zona Amores y Miraflores). Revista Minería y Geología. Moa. 1999.

RODRÍGUEZ, G.A. Evaluación de la sustitución de la arena de cromo por la arena sílice en la fabricación de piezas de acero al manganeso. ISMM. Moa, 2008.

RODRÍGUEZ, R.R. Folleto Curso de capacitación para fundidores. Moa. Cuba 2004.

SALCINES, C.M. Tecnología de fundición. Tomo I, Ciudad Habana: Editorial. Pueblo y Educación. Cuba, 1985.

<http://apuntes.rinconelvago.com/fundicion-de-precision.html>. Última visita 17/6/2009

<http://www.ildarduya.com/arenas.htm> Última visita 17/6/2009

<http://www.ildarduya.com/autofraguantes.htm> Última visita 17/6/2009

<http://www.metalspain.com/Revista-FUNDIDORES.htm> Última visita 17/6/2009.

http://www.cividino.com.ar/spanish/productos/01_resinas_aglutinantes.htm Última visita 23/6/2009

Tabla 5. Características de las arenas estudiadas.

Yacimiento	Casilda					Guane					Buena Vista				
Número del tamiz, mm	% Ret.	Retenido acum., %	NF	SER	Ca	% Ret.	Retenido acum., %	NF	SER	CA	% Ret.	Retenido acum., %	NF	SER	Ca
0,850	0,1300	0,1300	78	180	1,3	10,4663	10,466	38	90	1,5	0,144	0,144	46	120	1,6
0,600	0,8085	0,9385				17,8411	28,307				5,497	5,641			
0,425	3,6432	4,5817				31,3889	59,696				27,190	32,831			
0,300	8,7230	13,3047				20,8541	80,550				28,299	61,130			
0,212	20,3500	33,6547				8,3236	88,874				21,243	82,372			
0,150	25,7000	59,3547				4,8440	93,718				11,790	94,162			
0,106	30,1715	89,5262				3,6980	97,416				5,040	99,202			
0,075	9,6296	99,1558				1,4285	98,845				0,535	99,737			
0,053	0,7445	99,9003				0,6821	99,527				0,084	99,821			
0,000	0,0600	100,0				0,4734	100,0				0,179	100,0			