

Ruben Gómez  
6/3/03.

671.25  
C 672

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA



"ENSAYOS DE ARENAS Y ARCILLAS PARA FUNDICION"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentada por

GERARDO COELLO PORRAS

GUAYAQUIL-ECUADOR

1983

## A G R A D E C I M I E N T O

Mi gratitud y reconocimiento a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, que a través de sus profesores supo entregarme todos los conocimientos para desenvolverme en mi vida profesional.

Al Director de mi Tesis de Grado, Ing. IGNACIO WIESNER F., y al Dr. JOSE LUIS ENRIQUEZ, eternos agradecimientos por su apoyo incondicional y experiencias entregadas para el normal desarrollo de este ensayo experimental.

---

D E D I C A T O R I A

A MI PADRE (+)

A MI MADRE

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

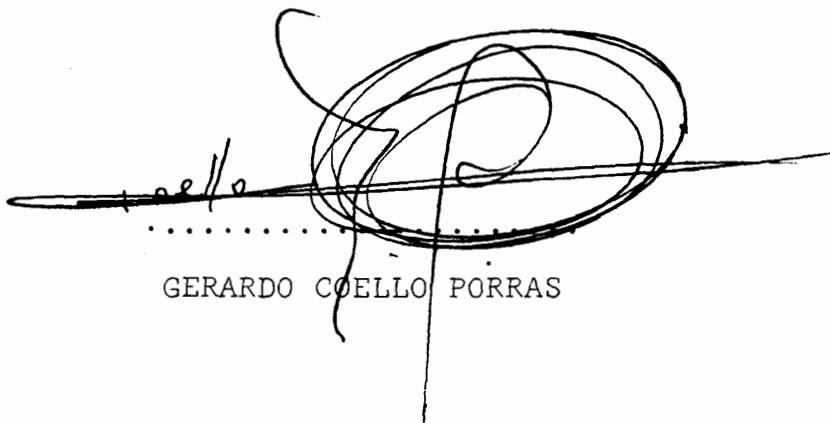
A MIS HIJOS

  
.....  
ING. IGNACIO WIESNER FALCONI  
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Coello", is followed by a large, circular, scribbled mark. Below this, the name "GERARDO COELLO PORRAS" is printed in capital letters.

GERARDO COELLO PORRAS

## R E S U M E N

Este trabajo comprende un estudio de arenas que abarca el área de la cuenca del Río Guayas-Los Ríos, la Península de Santa Elena (Posorja), la Provincia de El Oro (Puerto Géli) y la Provincia del Azuay (Cuenca), con la bentonita de Charazol.

El trabajo se ha seguido estrictamente según las normas dictadas por la American Foundrymen's Society (A.F.S.), a través del uso de los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Una vez que tomamos todas las muestras posibles y recomendadas por el Departamento de Geología y Minas de la ESPOL, en las personas de los ingenieros Sergio Aguayo y Eugenio Nuñez del Arco, lo mismo que por el Dr. José Luis Enriquez, Experto de las Naciones Unidas, se procedió a realizar pruebas físicas y químicas.

Dados los resultados obtenidos, se recomiendan formas de utilización de estos materiales con los procesos de fundición de metales en moldes fabricados con arena Emerenciana

para careo, arena de relleno de ríos: Guayaquil, Yaguachi, Chilintomo, con bentonita de Charazol; y la arena de Posorja para moldeos de aluminio.



## INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN . . . . .	VI
INDICE GENERAL . . . . .	VIII
INDICE DE FIGURAS . . . . .	X
INTRODUCCION . . . . .	11
I JUSTIFICACION DEL TRABAJO . . . . .	13
1.1 Arenas en Uso . . . . .	16
1.2 Mercado . . . . .	18
II PLAN GENERAL DE TRABAJO . . . . .	23
2.1 Antecedentes . . . . .	23
2.2 Consultas a Geología y Minas . . . . .	27
2.3 Visitas a Yacimientos . . . . .	28
2.4 Toma de Muestras . . . . .	30
2.5 Selección de muestras para análisis de laboratorio . . . . .	32
III TRABAJO DE LABORATORIO . . . . .	35
3.1 Zonas estudiadas . . . . .	36
3.2 Ensayos de las arenas silíceas . . . . .	37
3.2.1 Lixiviación . . . . .	37
3.2.2 Secado . . . . .	44

3.2.3 Análisis Granulométrico. . . . .	46
3.2.4 Sinterización. . . . .	69
3.2.5 Análisis Químico de las Arenas . . . . .	78
3.3 Ensayo de la Bentonita. . . . .	79
IV RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSION . . . . .	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	96
DIAGRAMA, TABLAS Y ANEXOS. . . . .	104
BIBLIOGRAFIA. . . . .	112

## INDICE DE FIGURAS

## INTRODUCCION

El desarrollo industrial que va en aumento en el Ecuador debido a la explotación del petróleo y la firma del Pacto Andino, ha colocado a la Metalurgia Mecánica en una situación que si la analizamos desde el punto de vista profesional de la Ingeniería Mecánica, debemos estimar su estado actual que no está avanzando con la misma velocidad de los acontecimientos enunciados; por lo que, sería conveniente dedicar más atención, por parte del Gobierno, situando capitales para investigaciones aceleradas por las instituciones especializadas como por ejemplo la Escuela Superior Politécnica del Litoral y otras que son de conocimiento general.

Tratando de concretar esta auscultación, se realiza este proyecto de tesis que es un ensayo experimental básico que tiene que ver con la fundición, en lo que concierne a arenas y bentonitas.

Este trabajo tiene por objeto la presentación al área de la Metalurgia Mecánica, una arena de alto contenido de sílice, cuya obtención no es difícil y que cumple con las

normas de control de calidad de las mejores del mundo; así mismo aconsejar el uso de arenas de río para relleno, de las que se han escogido que tienen sus parámetros muy cercanos, lo mismo que las propiedades físicas, a la arena de Emerenciana con la que se recomienda su mezclado.

Por último, se establece un ensayo de bentonita que resulta con características excelentes, cumpliendo con los requerimientos de una buena bentonita sódica y que también podría usarse para mezclarla con las arenas antes mencionadas.

Terminamos el trabajo experimental haciendo las recomendaciones de seguir realizando pruebas de laboratorio para optimizar el uso de estos materiales que abaratarián los procesos de moldeo y con resultados competitivos en precios y control de calidad.

## CAPITULO I

### 1.- JUSTIFICACION DEL TRABAJO

La investigación constante, la preocupación de los organismos e instituciones que estudian tecnologías y recursos para la producción de bienes, puestas a disposición de las industrias en el área de la Metal-Mecánica, es la mejor forma de asegurar el porvenir del Ecuador, que desde la firma del Pacto Andino escogió como modelo de desarrollo la producción industrial por lo que ha tenido que proyectar en corto plazo, plantas de procesos metalúrgicos para el consumo nacional y exportación.

Un ejemplo de ésto es el caso de la producción de automotores y que hasta el momento parece que comenzará la manufactura en este año, en la que deben usarse técnicas básicas de fundición, forja y tratamientos térmicos.

Cabe decir que en este trabajo se analizará el problema desde el punto de vista que interesa, tanto a los pequeños industriales y artesanos que han venido trabajando en la actividad de la fundición, como también la que se

generará por la implantación de grandes fundiciones que abastecerían a la industria del automóvil.

Una apreciación real de los talleres de fundición de Guayaquil, Cuenca, Quito, etc., ha puesto de relieve que no se usan los materiales apropiados en el proceso de moldeo, lo cual indica desconocimiento de que existen yacimientos de arena de sílice de excelente calidad, y de reservas estimadas de gran volumen en diferentes provincias de nuestro país.

Si las empresas extranjeras deciden subcontratar partes para su producción, las empresas nacionales tendrán poca oportunidad de satisfacer las demandas de calidad que se impondrán a los materiales y a los precios de las piezas.

Analizando las causas por las que no se obtienen rendimientos aceptables, se deben a la casi ninguna norma o tecnología aplicada en el control, clasificación, adquisición y uso adecuado de las arenas base para moldeo de las piezas y carencia absoluta de mencanización en el proceso.

Este proyecto tiene la intención de entregar, de ser po-

sible, información sobre yacimientos de arenas y arcillas que permitan al sector de la fundición tener a mano materiales de óptimas condiciones y que cumplan los requerimientos de normas de calidad para su uso, lo cual daría confiabilidad, que ahora no la tiene, sobre el abastecimiento de las materias primas indispensables para su trabajo; también se pretende dar a conocer formas de controlar la calidad de estos materiales.

De esta manera se intentará realizar el mayor número de análisis de laboratorio que incluyen: análisis físicos y químicos, utilizando normas extranjeras, principalmente de la A.F.S. (American Foundrymen's Society) y la A.T.E.F. (Asociación Técnicas y de Investigación de Fundición), a fin de establecer parámetros que servirán para normalizar un patrón de control que ayudará a quienes va dirigido este trabajo.

El control de la calidad de las arenas tiene tanta importancia, que en la generalidad de los casos, se conoce que el 70% de las piezas fundidas defectuosas están relacionadas íntimamente con la arena de fundición, ya sea por el uso de una arena de granulometría o forma de grano inadecuado o por la deficiencia en la preparación de las mezclas de arenas con bentonitas, o por falta

de elementos adicionales a esta preparación, como pulverizado, harina de cereales, etc.; los mismos que están coadyuvando en la eliminación de defectos que se producen en el colado y solidificación de los metales.

### 1.1 ARENAS EN USO

En la actualidad en Guayaquil se utilizan solamente dos arenas de fundición: la conocida como Posorja y la Guayaquil, llamadas así porque son tomadas la primera en el Balneario de Posorja y la segunda de las costas y bancos del Río Guayas. El acarreo y transporte se realiza en volquetas y camiones y su adquisición es por metros cúbicos.

La arena "Posorja" es una arena que se la puede clasificar en el contexto de las arenas naturales o sea que consta de una mezcla de granos de diferentes minerales y alto porcentaje de arcilla, lo cual hace muy tentador su utilización ya que un mezclado con agua desarrolla gran resistencia mecánica, otra de sus características es ser de grano fino por lo que proporciona un buen acabado superficial cuando se trabaja para materiales de bajo punto de fusión, como el aluminio por ejemplo. Pero dado que posee

gran cantidad de impurezas, su punto de fusión es bajo y no es utilizable en fundiciones de alto punto de fusión como el hierro. Otro inconveniente que manifiesta es el relacionado con su propia naturaleza en el yacimiento, siendo un material de origen sedimentario ubicado cerca del río sin cauce; no es posible encontrar una regularidad en su composición.

La arena denominada "Guayaquil", corrientemente usada en construcciones civiles, es un agregado granular de diferentes minerales, aunque también tiene granos de sílice, posee poca arcilla dado que es lavada, tiene granos regulares y se la puede clasificar dentro del grupo de las arenas artificiales. Es usada en fundición para la elaboración de corazones por medio del proceso de silicato de sodio-anhidrido carbónico. Posee bajo punto de fusión. También es tentador su uso por su bajo costo aunque tiene muchos problemas en la producción de metales ferrosos, especialmente porque reacciona con el metal líquido formando costras de expansión, penetración de metal, fusión de la arena formando silicatos en la superficie, pinholes, colas de rata, etc. Es decir, la mayoría de los defectos que provoca

una arena inadecuada la produce ésta.

En definitiva, las arenas que se están usando en Guayaquil y en general en el Ecuador, no deben ser usadas indiscriminadamente para cualquier proceso o aleación. En el caso de la arena "Posorja" debe ser limitado su uso a colado de aluminio y en el caso de la "Guayaquil", sólo debería usarse como arena de relleno.

## 1.2 MERCADO

Proyectando un análisis de mercado y con la intención de procurar un estudio tentativo de cuantificación, se hará una estimación aproximada partiendo de la investigación efectuada y que se muestra en el Cuadro de la Figura N° 1.

Se considera que el 90% de las fundiciones trabajan por proceso de moldeo con arena y el 10% restante con proceso de cera perdida, moldeo metálico o coquilla e inyección a presión. Por lo tanto, se estima que las fundiciones en el País producen alrededor de 870 toneladas por mes por proceso de moldeo en arena. Además, es común encontrar en fun-

FUNDICIONES DEL ECUADOR

PROVINCIA	Menos de 5 ton/mes	de 5 a 10 ton/mes	más de 10 ton/mes	Total de ton/mes
Imbabura	1	1		15
Pichincha	10	4	3	150
Cotopaxi		1		10
Tungurahua	5	2	1	65
Chimborazo	2	2		30
Bolívar	3	2		35
Azuay	5	2	2	85
Loja	2	2	1	50
Esmeraldas	2	2		30
Manabí	6	3	1	80
Guayas	30	10	4	330
Los Ríos	2	2		30
El Oro	6	3		<u>60</u>
SUMAN	965 ton/mes			

FIGURA N° 1.- Cuadro Estimativo de Talleres de Fundición  
en las Provincias del Ecuador.

dición, relaciones de arena de moldeo-metal de 3/1 a 5/1, por consiguiente puede esperarse que el consumo inicial de arenas debe ser del orden promedio, con la relación 4/1, luego:

$$870 \times 4 = 3,480 \text{ ton/año}$$

Se considera este consumo anual, dado que la arena no pierde sus propiedades en este lapso de tiempo.

Teniendo un consumo mensual por pérdidas que se tienen en operación normal en las que se incluyen: arenas de machos no recuperables, arena pegada en las piezas y aporte de arena nueva en la mezcla en un porcentaje estimado de un 20% del peso total para consumo mensual se tiene:

$$3,480 \times \frac{20}{100} \approx 696 \text{ aprox. 700 ton/mes}$$

lo cual constituiría el mercado nacional de arenas de fundición.

Considerando que se trabaja con proceso de moldeo húmedo y que para tener una mezcla sintética de propiedades adecuadas para la producción de hierro

gris y no ferroso, se necesita aglutinar el arena con bentonita en porcentajes que van desde el 4.5% hasta el 7%, según la calidad de las mismas, entonces la demanda nacional de bentonita sódica sería:

$$3,480 \times \frac{6}{100} = 208,8 \text{ ton/año}$$

con un consumo mensual de alrededor de 1% del total del peso del metal producido por mes, o sea,

$$3,480 \times \frac{1}{100} = 34,8 \text{ ton/mes}$$

De informes obtenidos en la ciudad de Cuenca, sobre precios de arena de sílice usada en la fabricación de vidrio, fluctúan entre 1.050 y 1.100 sucres por tonelada puesta en Guayaquil y en relación a la bentonita sódica de origen peruano que se consume en Guayaquil, se paga actualmente 8.500 sucres por tonelada. Dado las cifras de demanda y precio de los materiales, es fácil colegir que los volúmenes de venta serían altamente significativos para este tipo de actividad, lo cual justificaría cualquier inversión hecha en razón de entregar materias primas debidamente preparadas para abastecimiento del sector de la fundición.

En el caso de tener una planta que hiciera la preparación del arena sintética o sea, realizar el lavado, secado y tamizado de la misma, y en el caso de la bentonita efectuar el secado y la molienda, darían como resultado, sin temor a equivocarse, un gran negocio.

## CAPITULO II

### PLAN GENERAL DE TRABAJO

En este capítulo se tratará de establecer las normas de trabajo en base a las cuales se pretende encontrar información sobre yacimientos en explotación, prospección y sitios que han sido estudiados exclusivamente por el autor.

#### 2.1 ANTECEDENTES

De las investigaciones realizadas sobre yacimientos de arena de sílice, se ha podido comprobar que existen tres zonas donde se ubican sitios con materiales aprovechables para la fundición, a saber: Península de Santa Elena, Puerto Gelí en El Oro, y Limón-Indanza en Morona-Santiago.

En cuanto al primer sitio nombrado, se conoce que tradicionalmente se ha usado el material para hacer filtros de agua, aunque ocasionalmente, fue utilizado para la producción de vidrio para jarras y vasos.

En relación a la Provincia de El Oro (Puerto Gelí), ha sido un yacimiento en explotación para la producción del vidrio como originalmente lo aprovechó CRIDES, y la fábrica de vidrio del Ing. Enrique Gaete, existiendo información sobre la composición química efectuada para su utilización por laboratorios norteamericanos.

En cuanto al tercer lugar mencionado en la Provincia Morona-Santiago, también ha sido estudiado y evaluado el yacimiento para fines de producción de vidrio plano y de botellas; de los cuales, se tiene conocimiento de composición química, granulometría y otras características de la misma que manifiestan una excelente calidad para el propósito estudiado, por CRIDESA y FANAVISA.

Hace diez años el Centro de Desarrollo del Ecuador (CENDES) hizo una evaluación del sector de la fundición con la asistencia del Experto de las Naciones Unidas Doctor José Luis Enriquez y de ese estudio se determinó que era necesario realizar una búsqueda agresiva de materiales apropiados para el moldeo, estableciendo también sitios posibles de prospección, aunque no se mencionó los arriba citados.

Posteriormente, en el año 1975 en una nueva asistencia

técnica de la ONUDI a CENDES, se publicó un Manual de Arenas de Fundición, en el cual se ubican normas para control de arenas de moldeo nuevas, como arenas en uso, pero no se menciona si se realizaron trabajos sobre arenas nacionales.

En el año de 1979 la Escuela Superior Politécnica del Litoral, comienza a estudiar el problema con las arenas provenientes de la Parroquia Limón-Indanza, a fin de establecer si esas arenas podían ser aplicadas en procesos de fundición: Caja Caliente (1), Cáscara (2) y Caja Fría (3) con silicato de sodio-anhidrido carbónico.

En el año 1982 se efectúa otro trabajo (4) sobre refractario plástico para cubilotes usando piedra natural de sílice, proveniente de la Península de Santa Elena.

En el año 1980 en una tercera asistencia técnica al área de la Fundición, por el Experto de las Naciones Unidas antes citado propuso al Laboratorio de Metalurgia Mecánica de la ESPOL realizar la evaluación del yacimiento de arena silícea de la Provincia de El Oro, a fin de encontrar un abastecimiento a Guayaquil, diferente al proveniente de Morona-Santiago, dada la conveniencia de ser un sitio más próximo. Además también planteó la necesidad de estudiar las bentonitas conoci-

das con el nombre de Charazol de la Provincia del Azuay; así como también arenas de ríos cercanos a esta ciudad, que aunque no son de alto contenido de sílice podrían servir para usarlas como arenas de relleno, lo cual es práctica común en las fundiciones de piezas masivas.

De toda esta información se puede manifestar que los trabajos hechos sobre las arenas del Oriente ecuatoriano, han sido estudiadas en procesos importantes de fundición y es concluyente lo que manifiesta el Ing. Marcos Tapia Q., en su tesis de grado y que dice: "Que las arenas silíceas procedentes de la Provincia Morona-Santiago, aglutinándolas con resinas BORDEN de procedencia colombiana, curadas y controladas bajo parámetros de temperatura, presión y tiempo de soplado, producen corazones o machos de excelente calidad, en cuanto a resistencia, acabado superficial y tolerancias dimensionales de alta precisión de piezas fundidas en hierro gris, bajo el proceso de moldeo de caja caliente o hot box."

A conclusiones similares llegan los trabajos de los ingenieros Ortíz y Calero usando la misma arena para otros procesos de moldeo.

En lo referente a arcillas y bentonitas, hay una tesis de grado del Ing. Eugenio Nuñez del Arco Andrade, quien escribió el libro "Estudio Geológico Minero de las Arcillas en la Región del Azuay-Cañar", de donde se han tomado todos los datos referentes a las bentonitas de Charazol, que han despertado gran interés a este trabajo, por lo que se han aumentado las investigaciones en lo que guarda relación con el área de la fundición y que esperamos den buen resultado sus ensayos, para de esa manera hacer una entrega completa de los materiales claves, para la elaboración de moldes y corazones (arena-bentonita).

Por estas circunstancias, la proposición del Dr. José Luis Enriquez fue aceptada de mucho agrado y es motivo del presente trabajo.

## 2.2 CONSULTAS A GEOLOGIA Y MINAS

Para poder iniciar el trabajo de campo, con el propósito que animaba esta investigación, se recurrió al Departamento de Geología y Minas de la ESPOL, a fin de conocer en detalle y de manera precisa los sitios donde se ubicaban los yacimientos de arena de sílice y bentonita. Con esta oportunidad se mantuvo largas con-

versaciones con el Ing. Sergio Aguayo e Ing. Eugenio Nuñez del Arco A., quienes han investigado estos materiales en su trayectoria de profesores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Cabe mencionar la gran ayuda prestada por estos profesionales, hasta tal punto, que quedamos comprometidos con el Ing. Nuñez del Arco que tuvo la bondad de acompañarnos hasta el mismo sitio de explotación de la bentonita en Charazol.

En el caso de las arenas silíceas, los lugares proporcionados por el Ing. Aguayo, fueron sitios de yacimientos sin explotación, pero dadas las indicaciones precisas, pudimos llegar y encontrar los materiales sin ninguna dificultad.

### 2.3 VISITAS A YACIMIENTOS

La primera visita con el propósito de tomar muestras de arenas, fue llevada a cabo en la Provincia de El Oro en el cantón Santa Rosa en la Hacienda llamada Los Algarrobos, antiguo Puerto de Emerenciana, ubicada a cinco kilómetros antes de llegar a Puerto Gelí. Según se pudo apreciar el yacimiento posee una gran extensión superficial, ya que se comenzó a identificarlo a partir del desvío de la carretera que va desde Machala a Santa Rosa, ubicándose a los costados de la vía, montículos

de arena mezclados con residuos calcáreos orgánicos. En la actualidad toda esta zona se encuentra dedicada al cultivo de camarones, habiendo sido necesario recoger las muestras de una piscina seca.

Otra visita se realizó a las minas de Charazol. Los depósitos de bentonita son de origen singenético, o sea que han sido formados por procesos de sedimentación a manera de transportación por agentes de erosión para ser depositados en lugares diferentes. En el flanco oriental del sinclinal de Azoguez, están localizados los depósitos de bentonita, los cuales ocurren a manera de lentes intercalados entre las lutitas laminares silíceas que van inclinándose en forma angular de 12 a 15 grados al noroeste. La erosión ha puesto al descubierto, en ciertos lugares el material que se ha estimado en unos diez mil metros cúbicos aflorados y a unos escasos trescientos metros de la carretera estable Azoguez-Cuenca y pasando unos tres kilómetros de Azoguez. Así mismo, estudios geológicos de prospección para explotación en unas 16 hectáreas, han determinado que el grosor de la lente o cama bentonítica en partes llega hasta los 18 metros de profundidad, y sus cálculos, en una forma conservativa, son alrededor de los 255.225 metros cúbicos de bentonita sódica.

Con respecto a las arenas de Guayaquil y Posorja, como son de uso común en nuestro medio, se las tomó directamente de los depósitos del Taller de Fundición de la ESPOL.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente relacionado a las arenas de relleno, se hicieron prospecciones de arenas de varios ríos para lo que, se tomaron muestras de los siguientes sitios: Barreiro, Palmar, Chilintomo, en la Provincia de Los Ríos y Jujan, Yaguachi, Chimbo y Bulubulu en la Provincia del Guayas.

#### 2.4 TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras se realizó de dos maneras: La primera en sitio o sea como se encuentra en el yacimiento y la segunda, utilizando las normas para prepararla para los análisis en laboratorio.

Toma de Muestras en Sitio. - Comenzando con el arena de Emerenciana, se procedió de la siguiente manera: Se tomó unos 50 kilos a flor de suelo, luego 50 kilos a un metro de profundidad, 50 kilos a dos metros de profundidad y 50 kilos a tres metros de profundidad, transportándolos después al Laboratorio de Fundición de la ESPOL

para homogenizarlas.

Con relación a las arenas Guayaquil y Posorja, no hubo necesidad de hacer esta clase de muestreo por haber indicado que las tomamos directamente de los depósitos de fundición de la ESPOL.

Refiriéndonos a las arenas de río, se procedió cada vez siguiendo las recomendaciones que para el caso hace la A.F.S. (American Foundrymen's Society) y que consiste en: palear de diferentes partes haciendo un montón de un metro cúbico más o menos, para luego tomar una palada de varios lugares del talud formado, para ensacarlos en 4 porciones de 50 kilos cada vez y transportarlos a la ESPOL para su homogenización.

En cuanto a la bentonita de Charazol, se siguieron las recomendaciones del Ing. Nuñez del Arco y que fueron como sigue: Se hicieron excavaciones en diferentes lugares a un metro de profundidad, retirando la capa vegetal, recogiendo el material en terrones, en cuatro sacos de 50 kilos aproximadamente y transportándolos a la ESPOL en Guayaquil.

Toma de Muestras para Ensayo de Laboratorio.- La toma de

muestras para hacer los análisis de laboratorio se realizó utilizando los sistemas autorizados por la American Foundrymen's Society, en su capítulo de toma de muestras por reducción. Se aplicó este sistema considerando que la transportación de las arenas de los yacimientos hasta los laboratorios, deben cambiar su estructura interna en lo referente a granulación, acomodo de partículas más pesadas, manipuleo, por lo que se cree muy conveniente reciclar cada vez las muestras para ir tomando saldos que darán una premezcla más uniforme antes de comenzar la mecanización. Este sistema se utilizó con todas las muestras de las arenas comenzando con la Emerenciana y las de ríos.

## 2.5 SELECCION DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE LABORATORIO

Ya en el Capítulo I se ha manifestado que a través de investigaciones que ha efectuado la ESPOL sobre arenas silíceas nacionales, se han evaluado los yacimientos de arena del Oriente Ecuatoriano. También se ha dicho que los yacimientos del Litoral, concretamente los de la Provincia del Guayas y de El Oro, no se ha encontrado información concreta sobre la evaluación de sus características como materiales aptos para la fundición.

Al realizar este trabajo se ha tenido presente que es necesario evaluar también los últimos de los nombrados, porque podrían ser usados con ventajas económicas para el sector de la fundición dado que los precios del arena del yacimiento Emerenciana resulta ser menor a quienes sucren la tonelada puesta en Guayaquil y las arenas de Guayaquil alrededor de doscientos sucren la tonelada, lo cual justificaría su utilización si cumplen las normas de aceptación.

Ha sido entonces bajo el contexto de reducción de costos en las materias primas, básicas para arenas de moldeo que se ha seleccionado las arenas silíceas de Emerenciana con aplicación para arenas de careo, moldeo y machos. Arenas procedentes de lechos de ríos, como arenas de relleno para moldes y bentonita.

En cuanto a las arenas de río, se estableció también otro criterio de selección, tal como el tamaño de grano A.F.S., buscando con ello tener mezclas de arena de moldeo de alta permeabilidad; de las cuales deberían preferirse aquellas cuya granulometría se acercara a un tamaño de grano de finura A.F.S # 50.

El caso del arena de Posorja ha sido considerado, tam-

bién en este trabajo, ya que es un caso especial puesto que, siendo un arena de grano fino y siendo de uso muy popular en los talleres de fundición de Guayaquil, se quiere conocerla mejor en sus propiedades para así poder recomendar sus mejores aplicaciones.

## CAPITULO III

### TRABAJO DE LABORATORIO

El trabajo de Laboratorio fue realizado en tres etapas, a fin de cumplir con el criterio de aceptación dado por normas americanas de la Sociedad de Fundidores y por la Asociación Técnica y de Investigaciones de la Fundición de España.

Los requerimientos mínimos que impone la metodología de control de arenas nuevas para moldeo, implican realizar lo siguiente:

- 1) Mezclar las muestras tomadas en los yacimientos, a fin de que sean representativas de la misma y obtener muestras para ensayos de acuerdo con el método de toma de muestras de laboratorio sugerido por la A.F.S. Anexo 1.
- 2) Efectuar ensayos físicos de la siguiente naturaleza:
  - a) Lixiviación
  - b) Secado

- c) Granulometría, y
  - d) Sinterización
- 3) Análisis Químico.

Refiriéndonos a la bentonita, resumiremos su trabajo, también en tres etapas:

- 1) Acondicionamiento de las muestras por triturado, secado y molienda.
- 2) Ensayos Físicos
- 3) Análisis Químicos

### 3.1 ZONAS ESTUDIADAS

Se puede resumir que la investigación de este trabajo, ha cubierto las zonas marcadas en el mapa metalogénico del Ecuador, ANEXO 2, y que se refiere a la Cuenca del Río Guayas-Los Ríos; la Península de Santa Elena (Posorja); la Provincia de El Oro (Puerto Gelí), y la Provincia del Azuay (Cuenca-Azoguez), en lo que concierne a la bentonita.

En definitiva, se han tomado muestras de los siguientes sitios

Arena Silícea	Puerto Emerenciana
Arenas Sintéticas	Guayaquil, Yaguachi, Barreiro, Palmar, Jujan, Chilintomo, Chimbo, Bulubulu
Arenas de Ríos	
Arenas Naturales	Posorja
Bentonita	Charazol

### 3.2 ENSAYOS DE ARENAS SILICEAS

A continuación se hará el estudio y la aplicación de los ensayos físicos y químicos que sirven para caracterizar las arenas, tanto silíceas como de otra naturaleza que son aptas para el proceso de fundición:

#### 3.2.1 Lixiviación

Las normas de la A.F.S. indican que es necesario separar los granos silíceos de las arcillas, de las partículas finas menores de 20 micras como son: feldespatos, micas, polvillo ferrosos, aluminosos, carbonatos, etc., lográndose este propó-

pósito por separación acuosa, agitando la muestra a un promedio de treinta a sesenta revoluciones por minuto en un aparato que se llama lixiviador y que fue necesario construirlo, tomando datos referenciales de equipos similares encontrándose en la información bibliográfica consultada. Figura N° 2.

#### LAVADOR DE ARENAS

Partiendo de la premisa de una partícula de 0.02 mm. o 20 micras, desciende a una velocidad de 2.54 cms. por minuto en el seno líquido, que necesitamos poner en contacto por siete minutos la arena en una solución de hidróxido de sodio al 30% en agua, dejando 2.54 cms. para asentamiento de los granos silíceos (mayores de 20 micras), se procede según el diagrama adjunto para su construcción, soldando el sifón, también confeccionado en vidrio de 5 mm. de diámetro, al que se le acopla una pera de caucho para provocar el vaciado del sobrenadante. El agitador manual se lo construyó de alambre # 10, doblándolo en una punta a 90 grados donde se le introdujo una manguera plástica perforada en el centro, a fin de evitar

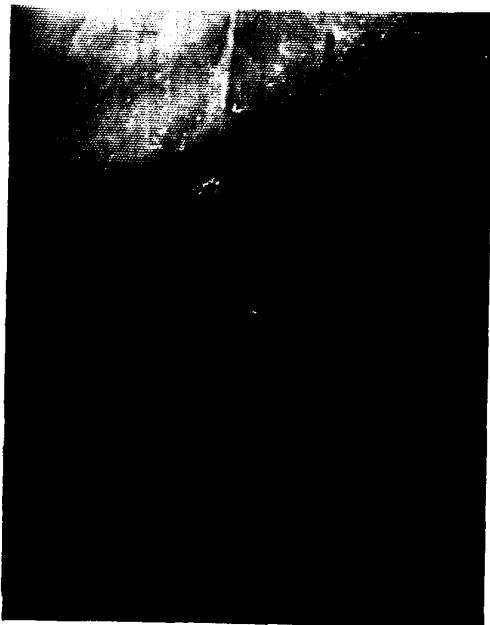


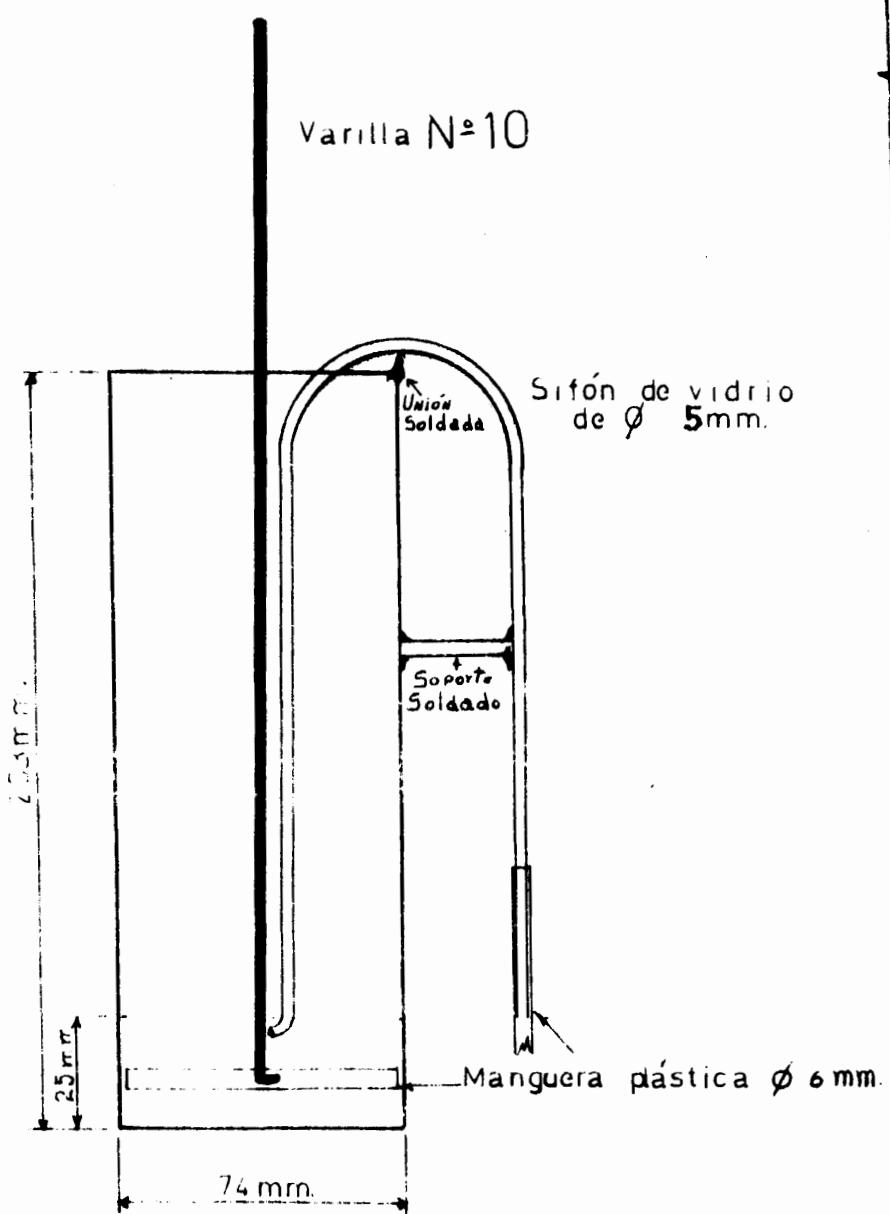
Figura N° 2.- Foto del Lixiviador construido  
por el Autor.

los golpes bruscos en los costados de la botella y orientarlos fuera del pico del sifón. (Fig.Nº 3)

El ensayo de la lixiviación se realizó únicamente en cuatro muestras que son: Arena de Guayaquil, Arena de Posorja, Arena de Yaguachi y Arena de Chilintomo, debido a que se quiso experimentar comparativamente con el producto del tamizado, que según norma de la A.F.S. manifiesta que cuando en el fondo queda alrededor del uno por ciento o menos, es muestra de que el arena es lavada, por lo que no es necesaria la lixiviación, lo que en verdad ocurrió con las demás arenas ensayadas.

#### LIXIVIACION ARENA GUAYAQUIL

Se tomaron 50 gramos de arena secada al horno durante una hora a 110 grados centígrados; una vez fría la muestra se coloca en el lixiviador, añadiéndole una mezcla de 475 cc. de agua destilada con 25 cc. de cloruro de sodio al 30%, (debe ser agua destilada, porque al querer hacerlo con agua natural, al contacto con el cloruro de sodio, tendió a flocular la solución) comenzando a agitar



## Lavador de Arenas

Figura N° 3.- Diagrama para construir el  
Lixiviador con medidas.

— con el agitador manual durante cinco minutos, se deja decantar durante ocho minutos y sifónabamos el sobrenadante, repitiendo esta operación seis veces. Luego se pasa el precipitado a un vaso de pirex, recogiendo por lavado con agua destilada todas las partículas del lixiviador, se escurre lo más posible, se coloca el vaso con la muestra en el horno a 110 grados durante seis horas, se pesa la muestra (49.5 grs.); se hace una segunda prueba en las mismas condiciones (49.7 grs.) se saca un promedio y obtenemos el contenido en tanto por ciento de arcilla:

$$(p_1 - p_2) \times 2 = \% \text{ Arcilla}$$

$$(50 - 49.5) \times 2 = 1.0 \% \text{ arcilla}$$

$$(50 - 49.7) \times 2 = 0.6 \% \text{ arcilla}$$

$$\text{Promedio: } \frac{1.6 + 0.6}{2} = 0.8 \% \text{ Arcilla}$$

#### LIXIVIACION ARENA POSORJA

Se realizó la misma maniobra que con la lixiviaciόn del area Guayaquil, pero en esta ocasión fue necesario realizar doce lavados hasta que la apariencia turbia desaparezca. Los resultados

de la pesadas fueron:

$$(50 - 44.2) \times 2 = 11.6\% \text{ arcilla}$$

$$(50 - 44.3) \times 2 = 11.4 \% \text{ arcilla}$$

$$\text{Promedio: } \frac{11.6 + 11.4}{2} = 11.5\% \text{ arcilla}$$

#### LIXIVIACION ARENA YAGUACHI

Continuamos con el procedimiento de rutina de la lixiviación de las áreas anteriores, se efectuaron nueve lavados hasta clarificación de la muestra. Los resultados de las pesadas fueron:

$$(50 - 49) \times 2 = 2\% \text{ arcilla}$$

$$(50 - 48.4) \times 2 = 3.2\% \text{ arcilla}$$

$$\text{Promedio: } \frac{2 + 3.2}{2} = 2.6\% \text{ arcilla}$$

#### LIXIVIACION ARENA CHILINTOMO

Utilizando los procedimientos de rutina, se hicieron once lavados hasta clarificación de la muestra. Los resultados de las pesadas fueron:

$$(50 - 49) \times 2 = 2.0\% \text{ arcilla}$$

$$(50 - 48.8) \times 2 = 2.4\% \text{ arcilla}$$

$$\text{Promedio: } \frac{2.0 + 2.4}{2} = 2.1\% \text{ arcilla}$$

### 3.2.2 Secado

Este ensayo consiste en llevar a temperatura constante de 110 grados una muestra de arena, por un tiempo en que se estima que está completamente seca. Existen dos métodos de obtener resultados satisfactorios dependiendo, de las facilidades que tenga el laboratorio donde se realizan las pruebas y, el método experimental en que no se utilizan aparatos sofisticados.

Para el primer caso de secado, se pueden usar tres métodos:

- a) Utilizando el secador de aire forzado en caliente.
- b) Utilizando la lámpara de rayos infrarrojos, y
- c) Utilizando el tester secador con carburo de calcio.

En este trabajo utilizamos el método experimental procediéndose de la siguiente manera: En una balanza de precisión 0.0001, SARTORIUS 2432, capacidad de 200 grs., se pesaron cinco muestras de un gramo cada una las que se colocaron en un horno eléctrico a 110 grados durante seis horas para luego volver a pesarlas, estableciendo diferencias y promedios, se llevaron a porcentajes, dándonos los resultados que colocaremos enseguida. De la misma forma se realizaron las otras pruebas en las arenas ensayadas y que también citamos a continuación:

1.- Arena Emerenciana:	0.10%	Humedad
2.- Arena Guayaquil:	1.53%	"
3.- Arena Posorja:	1.75%	"
4.- Arena Barreiro:	1.28%	"
5.- Arena Palmar:	1.07%	"
6.- Arena Jujan:	0.63%	"
7.- Arena Chilintomo:	1.99%	"
8.- Arena Yaguachi:	0.69%	"
9.- Arena Chimbo:	0.46%	"
10.- Arena Bulubulu:	2.49%	"

### 3.2.3 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico constituye el arranque propiamente dicho para la determinación de las propiedades físicas y químicas de las arenas para moldeos; por lo que, es el ensayo que se debe realizar observando todas las precauciones recomendadas por las normas, con el objeto de obtener resultados que sean el justo reflejo de lo que es en sí una arena.

Se comienza con la tamización de las arenas, las que se efectuaron en una máquina R0-TAP (Rotación y Golpes), siguiendo las normas A.F.S. Se hicieron dos pruebas por cada arena para aprovechar los datos resultantes según los órdenes que tabulamos a continuación y que servirán para establecer los parámetros: coeficiente angular, número de finura A.F.S. retenido en tres tamices; porcentaje de finos, materias impalpables y con el retenido de la malla 100, se hace los análisis químicos.

De la tabulación de resultados de estos ensayos, es que vamos a establecer la bondad o desechar

las arenas que no cumplan con los requerimientos indispensables para nuestro propósito.

RESULTADOS TAMIZACION ARENA EMERENCIANA (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.41	6.45	17.45	31.54	46.65	49.59	49.86
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
	6.45	17.32	31.58	47.12	49.28	49.81	50.00

RESULTADOS TAMIZACION ARENA GUAYAQUIL (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.00	1.58	9.28	26.38	43.75	48.62	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
	1.34	9.42	26.16	43.42	48.12	49.62	50.00

RESULTADOS TAMIZACION ARENA POSORJA (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.00	0.11	0.15	0.64	4.30	41.62	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO

Peso ac. en grs.	0.18	0.22	0.73	4.78	24.35	41.43	50.00
---------------------	------	------	------	------	-------	-------	-------

RESULTADOS TAMIZACION ARENA CHILINTOMO (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	8.12	25.58	36.08	41.81	47.10	49.30	49.60

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA CHILINTOMO (50 gramos)

Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
	22.64	33.65	40.28	46.12	48.24	49.38	49.84

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA YAGUACHI (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.50	11.70	25.85	38.10	46.10	49.54	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
Peso ac. en grs.	10.91	25.38	37.24	45.27	48.34	49.42	50.00

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA CHIMBO (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	8.18	35.35	44.23	46.00	47.43	49.52	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
	32.48	42.38	44.45	46.55	48.48	49.45	50.00

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA BARREIRO (50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.03	0.10	2.31	7.87	29.56	48.71	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
Peso ac. en grs.	1.00	2.34	8.16	29.62	43.28	49.00	50.00

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA PALMAR

(50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.0	0.21	3.14	17.12	39.21	47.74	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.32	3.00	17.72	39.48	45.32	48.06	50.00

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA JUJAN

(50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	13.42	36.86	47.18	49.72	49.92	50.00	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
Peso ac. en grs.	35.00	46.58	49.53	49.96	50.00	50.00	50.00

## RESULTADOS TAMIZACION ARENA BULUBULU

(50 gramos)

Malla #	20	40	50	70	100	200	FONDO
Peso ac. en grs.	0.80	47.62	48.00	49.05	49.2	50.00	50.00
Malla #	40	50	70	100	140	200	FONDO
Peso ac. en grs.	47.14	49.58	49.73	49.79	49.80	49.92	50.00

La División de arenas de la American Foundrymen's Society, por medio de su Comité de Clasificación, Finura y Distribución, opina que el análisis granulométrico, es la única base segura para clasifi-

car arenas para fundición.

Así mismo, con el propósito de establecer una forma para identificación de arenas en laboratorio, abundaremos en la mayor cantidad de pruebas físicas y químicas para tabularlas, lo mismo que nos permitirá elaborar las curvas que al interpretarlas nos darán los parámetros requeridos o no, para de esta manera recomendar su mejor aplicación o su rechazo.

Los ensayos que se lograron hacer según las normas A.F.S., lo mismo que las curvas, resumimos a continuación:

- 1.- Coeficiente angular
- 2.- Número de Finura A.F.S.
- 3.- Porcentaje retenido en tres tamices
- 4.- Númeos de finos
- 5.- Materias impalpables
- 6.- Curva acumulativa de cernidos
- 7.- Curvas de Gauss

#### COEFICIENTE ANGULAR

De una manera teórica se define el coeficiente an-

gular, como el resultado de dividir la superficie específica real, por la superficie específica, pero aunque están completamente definidos estos parámetros, la observación al microscopio, nos da con bastante exactitud la forma de los granos, ubicándolas en cuatro clasificaciones patrón o standard: ANGULAR, SUBANGULAR, REDONDA Y COMPUESTA.

Por comparación con las fotos que se insertan, analizaremos las muestras que estamos ensayando.

Figura N° 4.

#### NUMERO DE FINURA A.F.S.

El número de finura de grano (# A.F.S.), nos indica el tamaño promedio de los granos de una arena dada, sirviéndonos para establecer los rangos requeridos, para comparativamente, aceptarla o rechazarla.

Para la obtención del número de finura, es necesario hacer un cuadro con seis columnas en las que se van ubicando los siguientes valores:

En la primera columna van los tamaños de las ma-

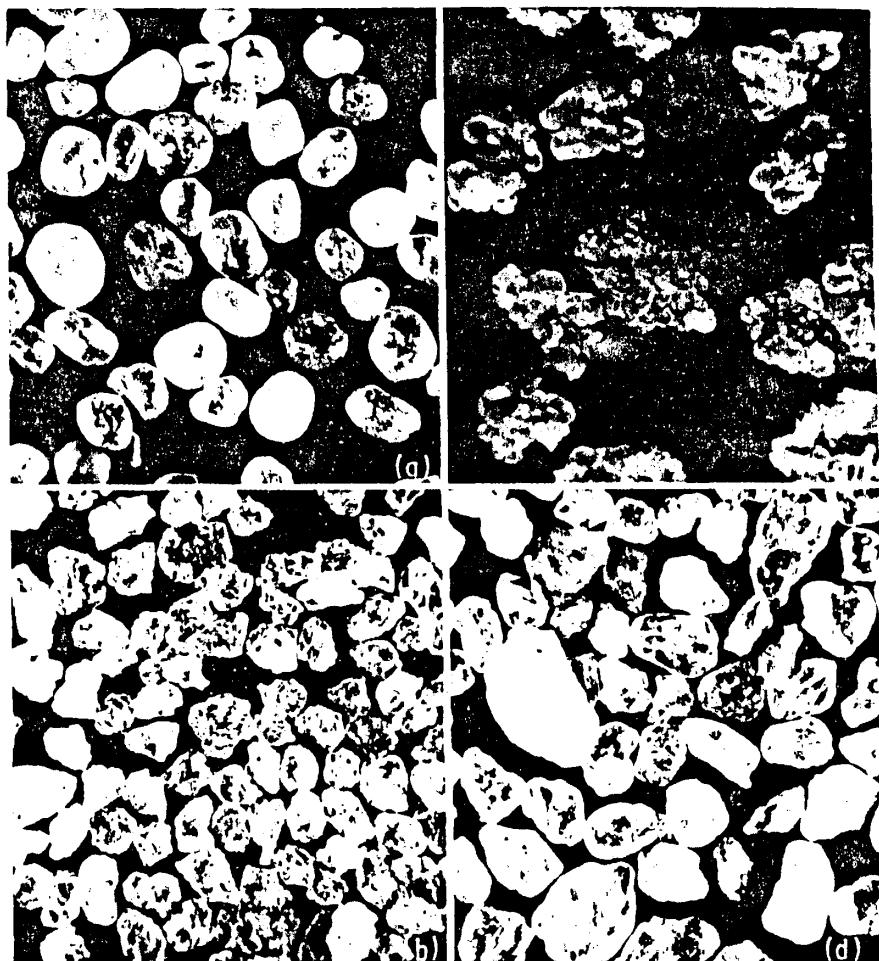


Figura N° 4.- Fotos patrón para establecer coeficiente angular.

- a) Granos Redondos
- b) Granos Angulares
- c) Granos Compuestos
- d) Granos Subangulares

llas, en la segunda columna los pesos acumulados en cada tamiz, en la tercera columna los pesos retenidos en las mallas, en la cuarta columna el porcentaje de los pesos retenidos, la quinta columna los factores norma que siempre corresponden al tamiz anterior, la sexta columna se obtiene multiplicando el porcentaje retenido por el factor.

Una vez que tenemos estos valores, se suma la columna sexta y se divide para la suma de los valores de la columna cuarta; su resultado es el número de finura A.F.S.

#### PORCENTAJE RETENIDO EN TRES TAMICES

Este parámetro es conveniente tenerlo muy en cuenta ya que nos da la distribución de los granos según el porcentaje ubicándolos por el número de mallas. De esta manera podremos establecer las arenas de relleno que más se acerquen a los valores de nuestra arena silícea, rechazando las que no convengan.

A continuación tabularemos los valores contra -

dos en tres tamices próximos que los sacamos de los cuadros que empleamos para encontrar el número de finura A.F.S.:

#### ARENA EMERENCIANA

Malla # 50	22.00%
Malla # 70	28.18
Malla # 100	30.22
Total por ciento	80.40

#### ARENA GUAYAQUIL

Malla # 50	16.16
Malla # 70	33.48
Malla # 100	34.52
Total por ciento	84.16

#### ARENA POSORJA

Malla # 140	39.14
Malla # 200	34.16
Fondo	17.14
Total por ciento	90.44

#### ARENA BARREIRO

Malla # 70	11.64
Malla # 100	42.92

## ARENA BARREIRO

Malla # 140	27.32
Total por ciento	81.88

## ARENA PALMAR

Malla # 70	29.44
Malla # 100	43.52
Malla # 140	11.68
Total por ciento	84.64

## ARENA JUJAN

Malla # 40	70.00
Malla # 50	23.16
Malla # 70	05.90
Total por ciento	99.06

## ARENA CHILINTOMO

Malla # 40	45.28
Malla # 50	22.02
Malla # 70	13.26
Total por ciento	80.56

## ARENA YAGUACHI

Malla # 40	22.40
Malla # 50	28.30

## ARENA YAGUACHI

Malla # 70 24.50

Total por ciento 75.20

## ARENA CHIMBO

Malla # 40 64.96

Malla # 50 19.80

Malla # 70 04.14

Total por ciento 89.90

## ARENA BULUBULU

Malla # 40 94.28

Malla # 50 04.88

Malla # 70 0.30

Total por ciento 99.46

## NUMERO DE FINOS

El número de finos según las normas aceptadas, es todo lo que queda retenido desde el tamiz 140 hasta el anterior al fondo, para nuestros ensayos hemos tomado los retenidos en la malla 200 por cuanto se nota claramente el criterio por el cual estamos ensayando. Resumiendo:

Arena Emerenciana:	1.06
Arena Guayaquil:	3.00
Arena Posorja:	34.16
Arena Barreiro:	11.44
Arena Palmar:	5.48
Arena Jujan:	0.00
Arena Chilintomo:	2.28
Arena Yaguachi:	2.16
Arena Chimbo:	1.94
Arena Bulubulu	0.24

#### MATERIAS IMPALPABLES

Las materias impalpables vienen tabuladas en las normas establecidas, por lo que se deposita en el fondo de la tamización y es el parámetro que nos indica la cantidad de arcilla aproximada que tiene el arena, para de esa manera preestablecer si se trata de arena silícea o arcillosa. A continuación, resumimos la lista de arenas ensayadas con su porcentaje de materias impalpables:

Arena Emerenciana:	0.38%
Arena Guayaquil:	0.76
Arena Posorja:	17.14

Arena Barreiro:	2.00 %
Arena Palmar:	3.88
Arena Juján:	0.00
Arena Chilintomo:	0.92
Arena Yaguachi:	1.16
Arena Chimbo:	1.10
Arena Bulubulu:	0.16

#### CURVAS ACUMULATIVAS DE CERNIDOS

La graficación de estas curvas nos va a indicar la forma como se van ordenando los granos de arena y su distribución granulométrica, en los tamices correspondientes. De esta manera, con este parámetro nos es muy fácil situar en qué rangos existe su mayor concentración con respecto a porcentajes acumulados de arena.

A continuación encontramos las curvas enunciadas anteriormente , para su observación, discusión e interpretación.

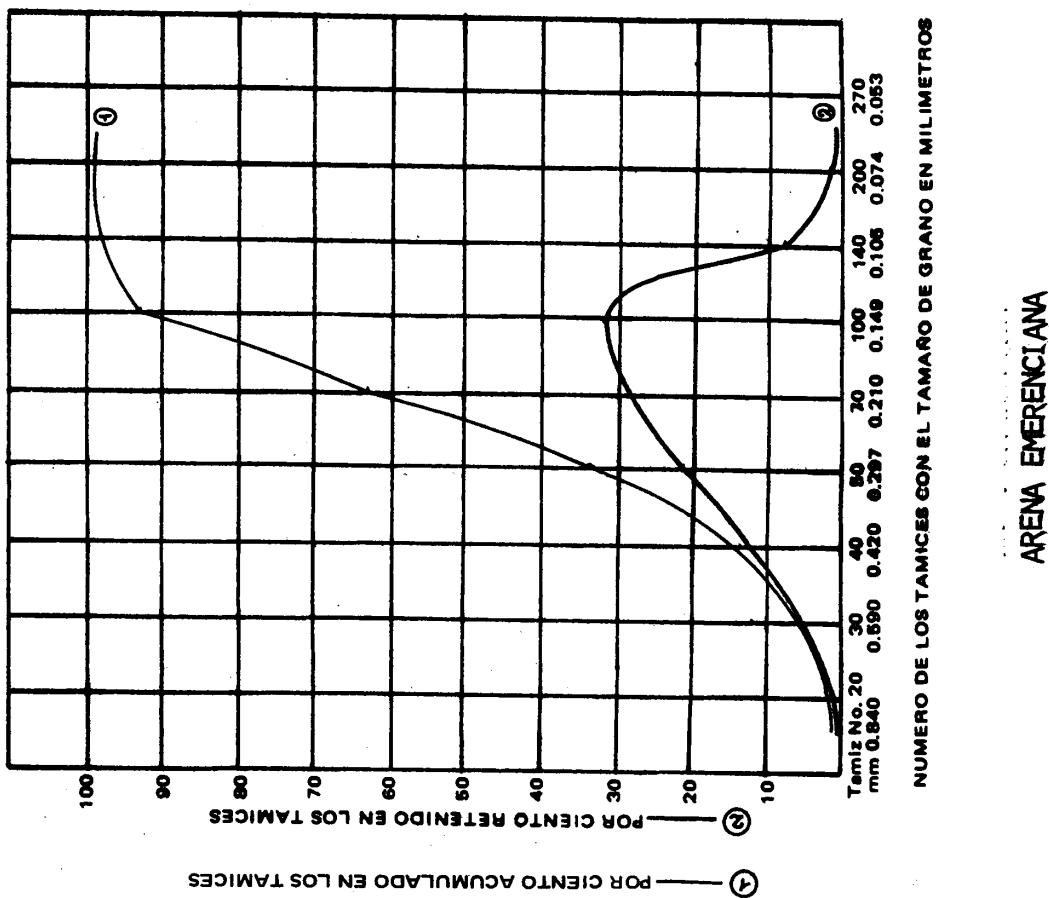


Figura N° 5.- Curva de Acumulados Arena Emerenciana

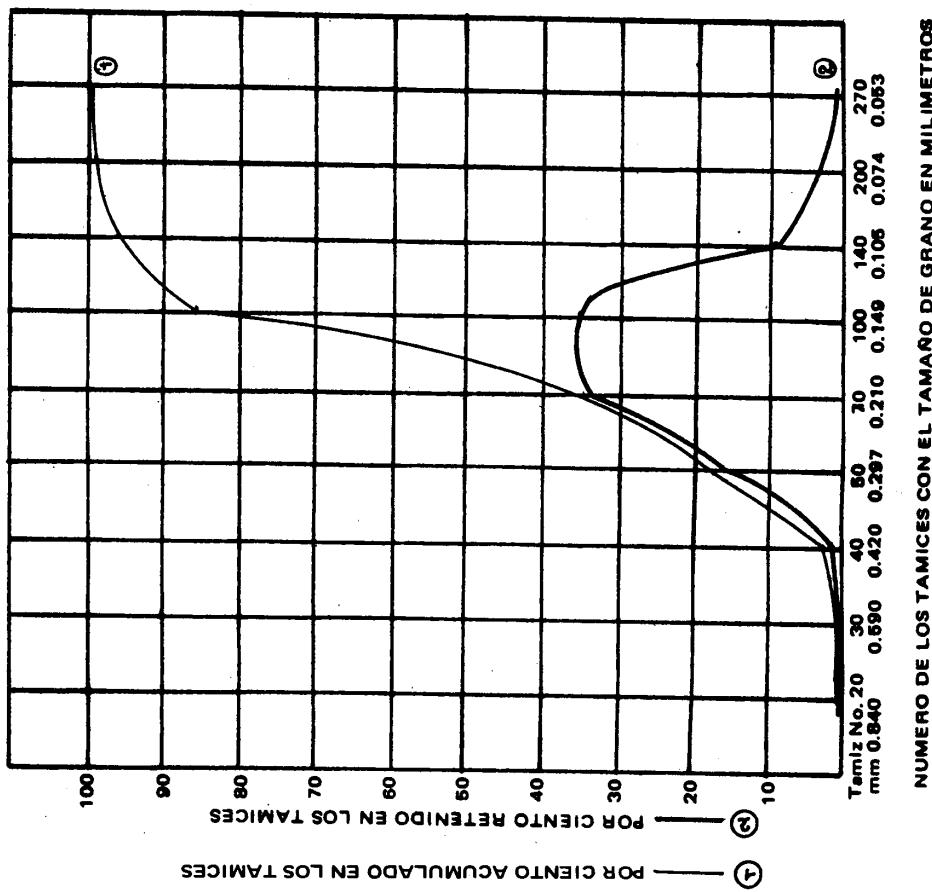


Figura N° 6.- Curva de Acumulados Arena Guayaquil

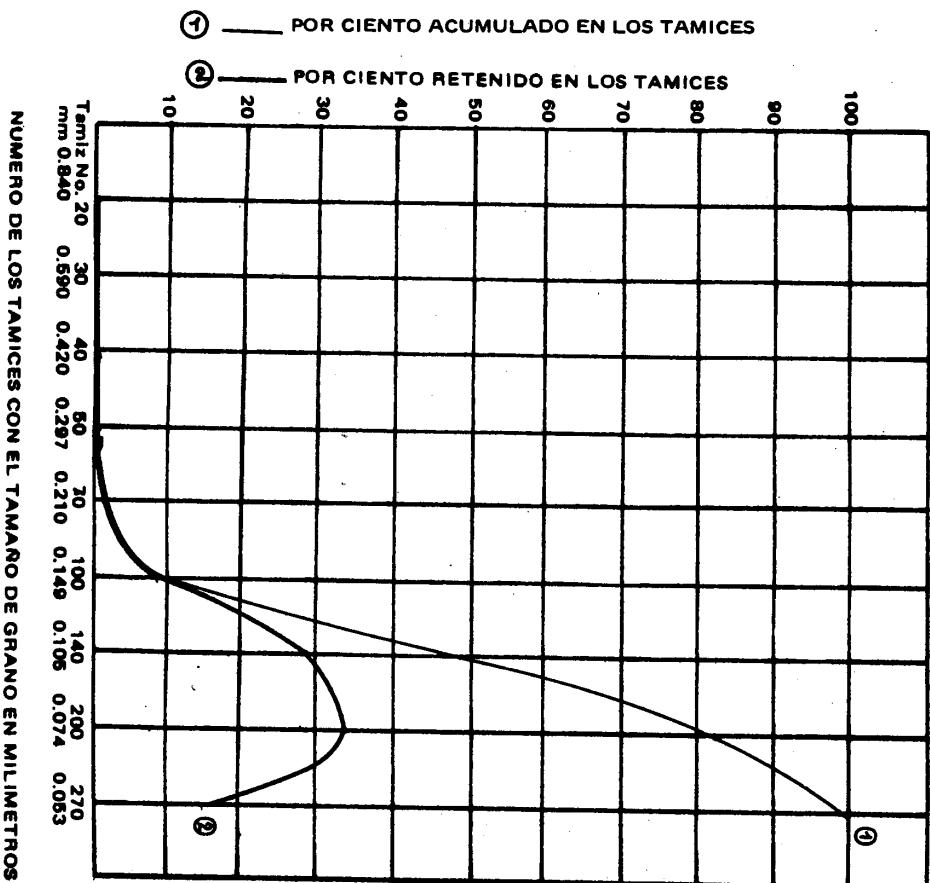


Figura N° 7.- Curva de Acumulados Arena Posorja

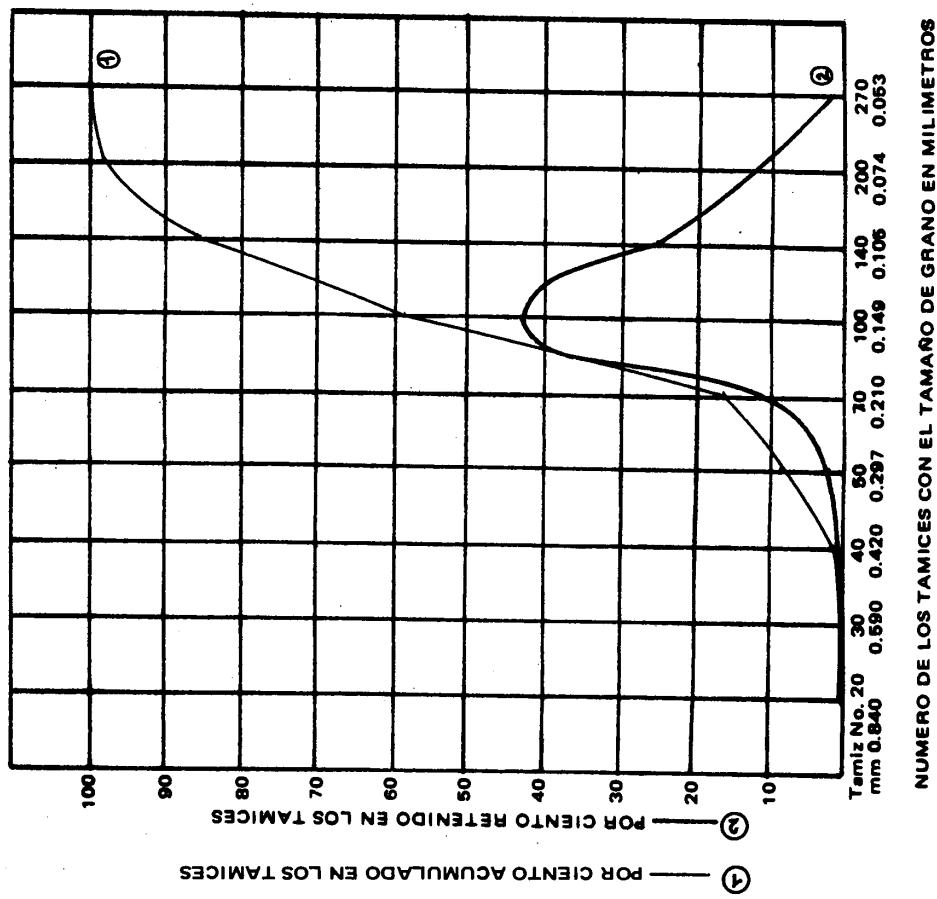


Figura N° 8 .- Curva de Acumulados Arena Barreiro

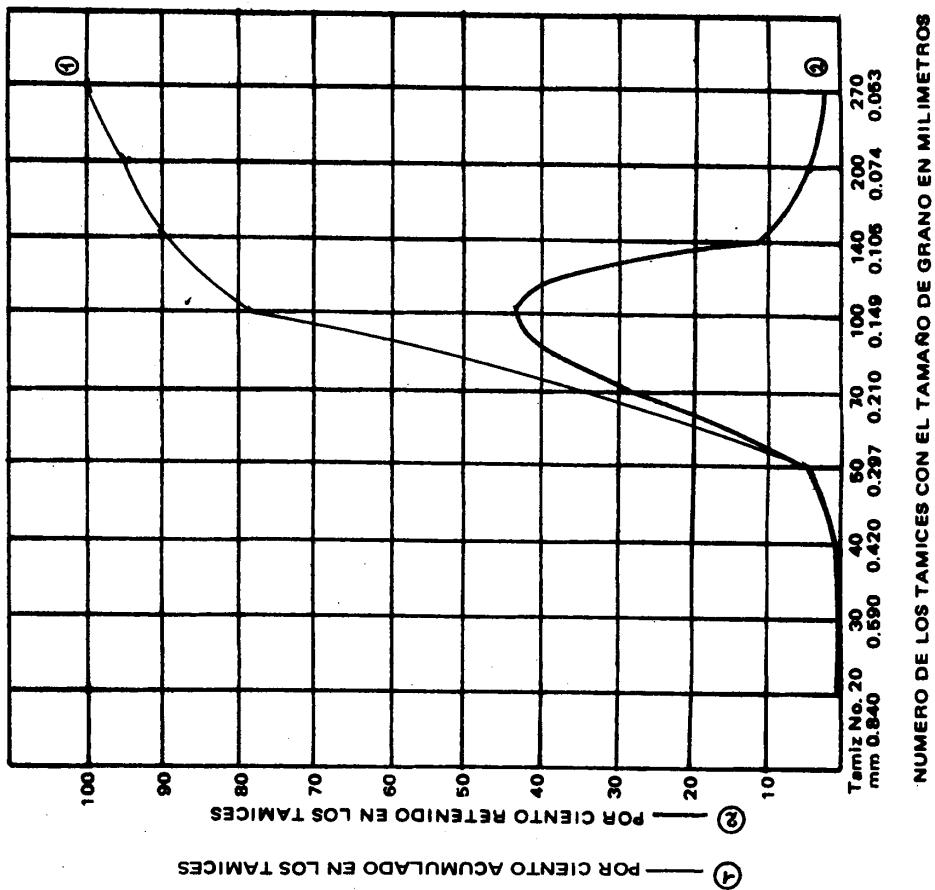


Figura N° 9.- Curva de Acumulados Arena Palmar

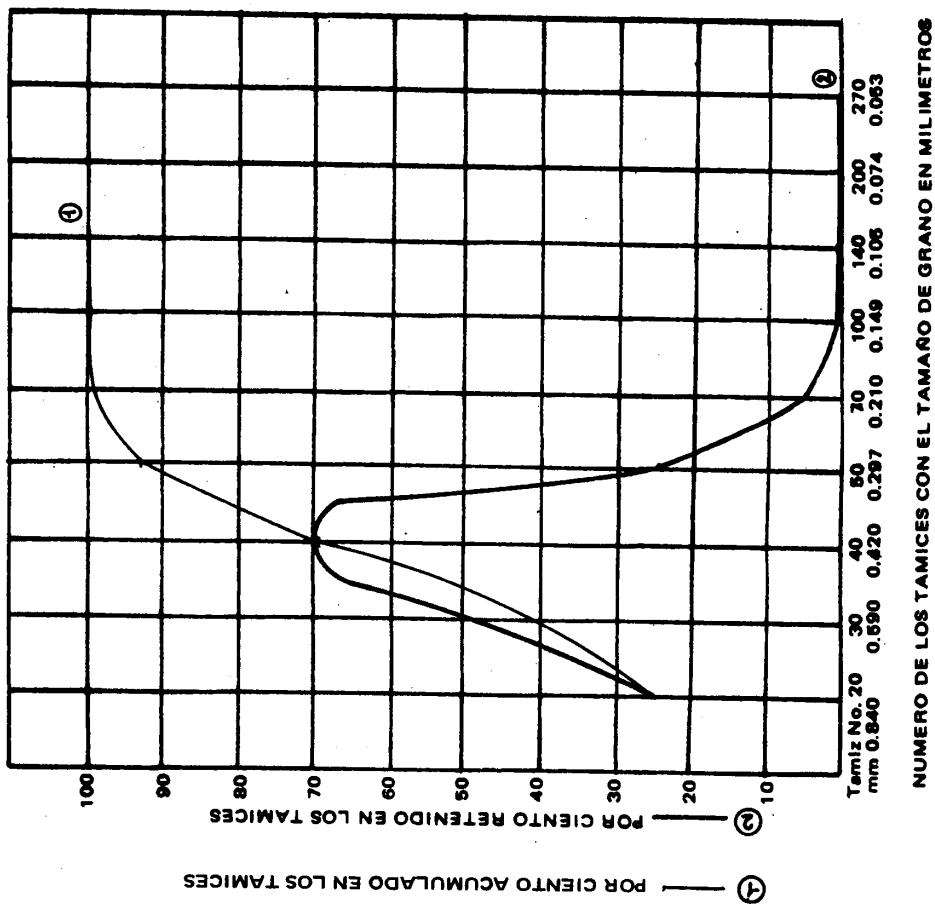
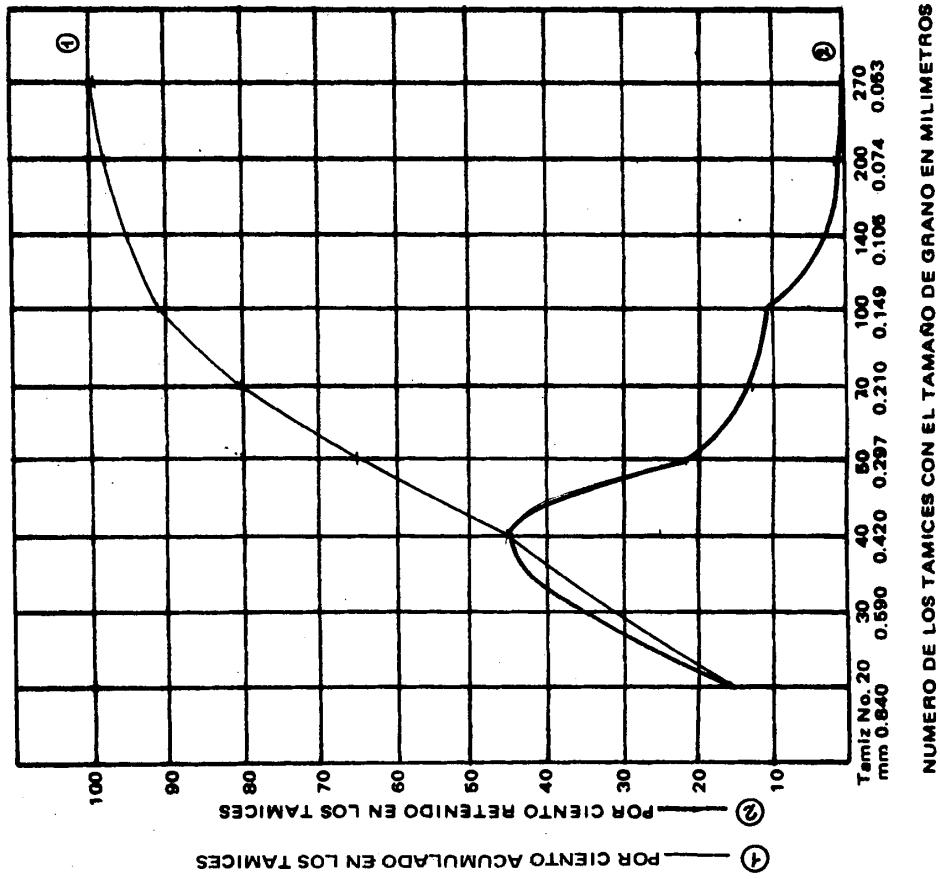


Figura N° 10.- Curva de Acumulados Arena Jujan



ARENA CHILINTOMO

Figura N° 11.- Curva de Acumulados Arena Chilintomo

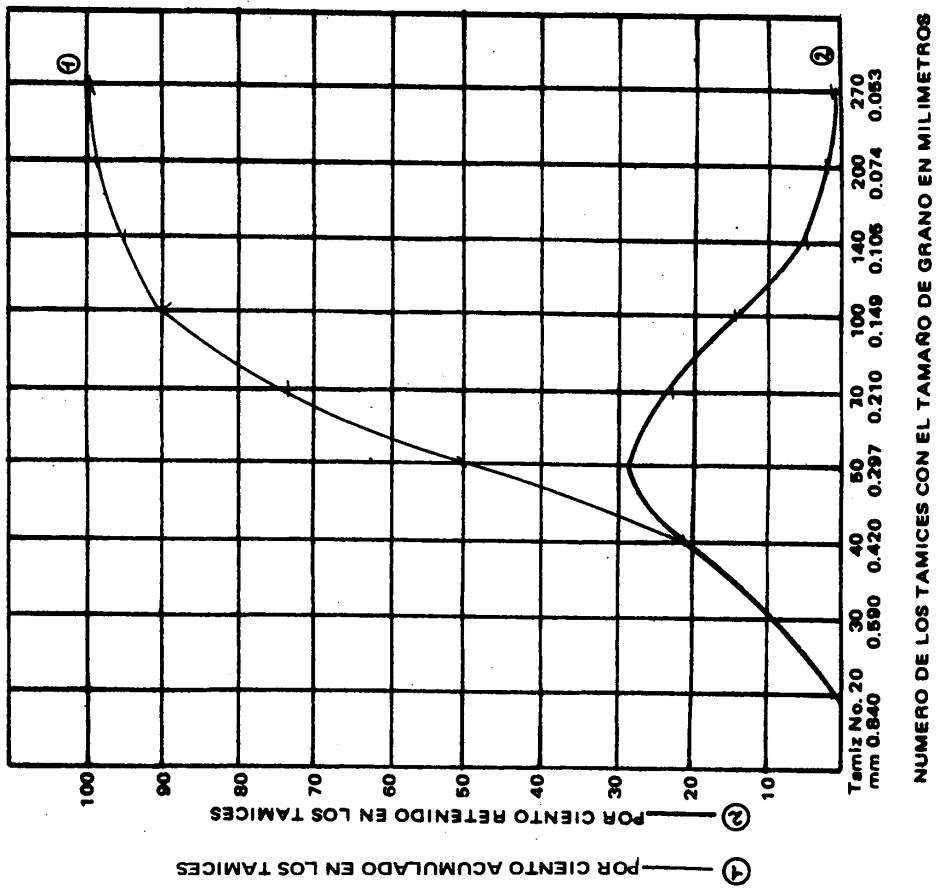


Figura N° 12.- Curva de Acumulados Arena Yaguachi

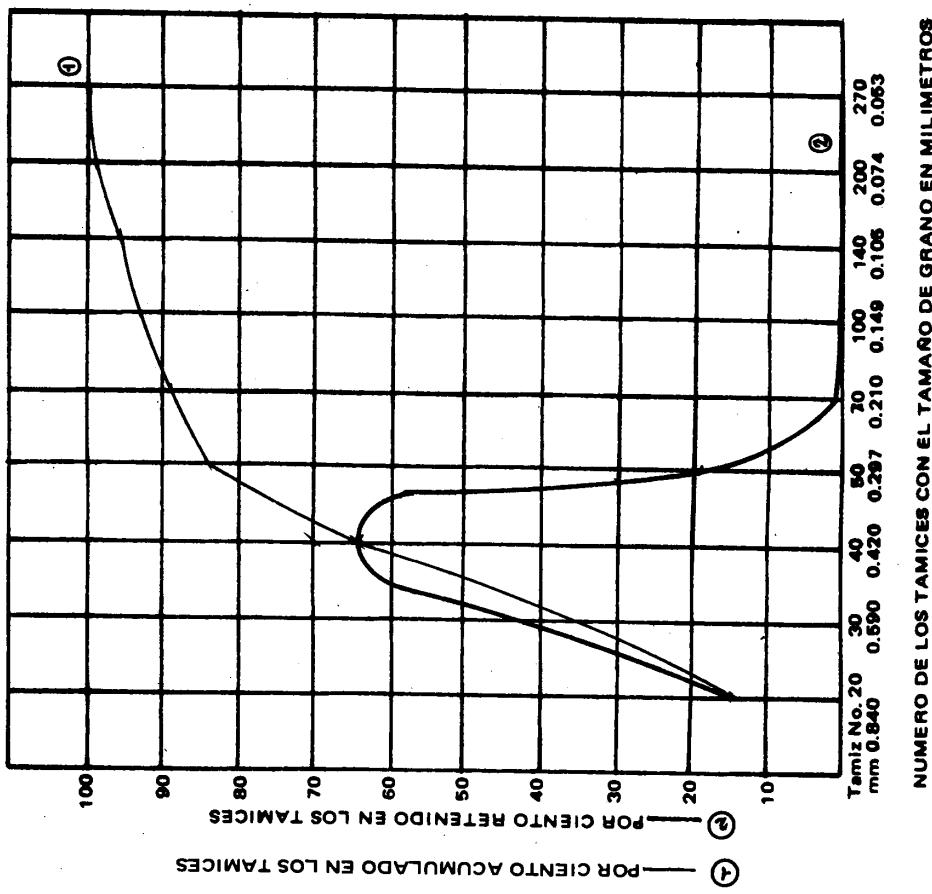


Figura N° 13.- Curva de Acumulados Arena Chimbo

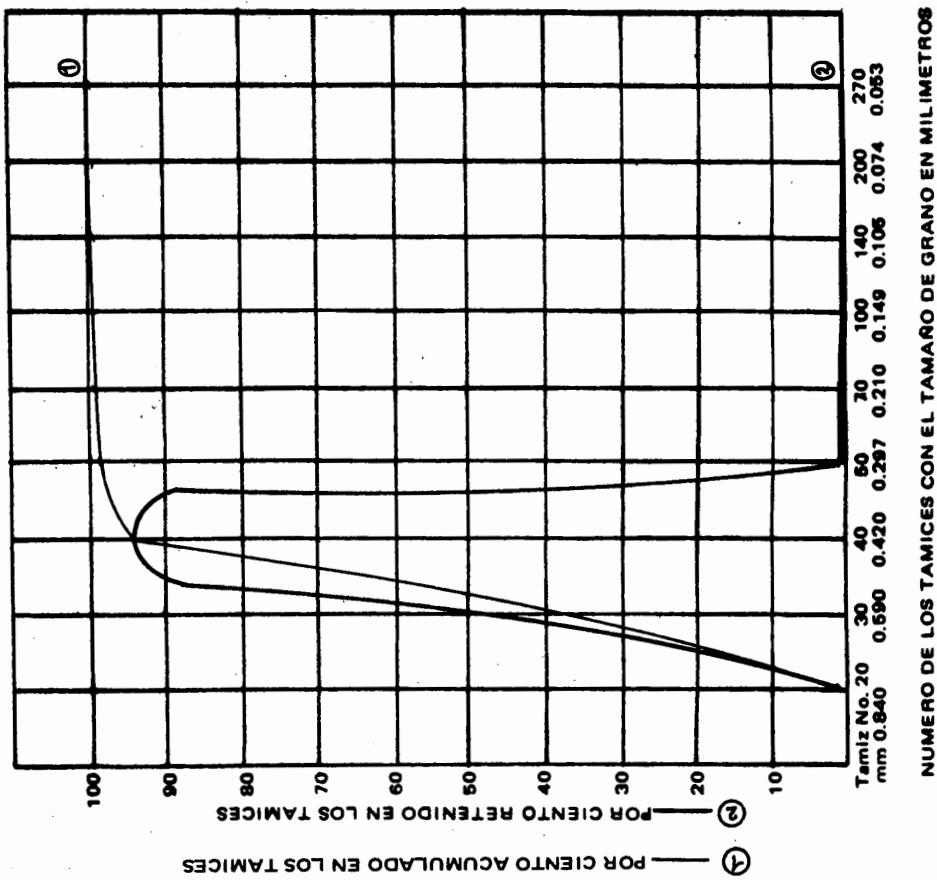


Figura N° 14.- Curva de Acumulados Arena Bulubulu

## CURVAS DE GAUSS

También conocidas como Diagrama de Bloque, se las ha considerado en este trabajo, por ser de muy fácil diseño y su interpretación es muy representativa visualmente, de esta manera en la forma patrón que entregaremos a la finalización de este proyecto se incluirá la gráfica de las mismas. No es por demás indicar que su interpretación también es por la distribución de los granos de arena con respecto a su ubicación por tamices.

### 3.2.4 Sinterización

La determinación del punto de sinterización, se realiza para saber el momento en que las aristas de los granos de arena comienzan a fundirse, uniéndose por las puntas. Aunque el punto de fusión no es un ensayo concluyente para determinar la bondad de una arena, indicaremos que los granos gruesos tienden a fundirse menos rápido que los granos finos, los que a su vez aumentan el punto de sinterización cuando aumenta su porcentaje.

Para determinar el punto de sinterización de las

arenas, existen varios métodos, de los que los más conocidos son:

Con el horno GF (FISHER) de sinterización que alcanza a 1.500 grados centígrados.

Con el aparato DIETERT (AFS), por la determinación de dos puntos referenciales. (Manuales para clases de Fundición).

Con el método de los Conos SEGER, utilizado para toda clase de materias refractarias.

Todos estos ensayos son demasiado sofisticados y susceptibles de interpretaciones erradas, por tal razón en la actualidad, se usa un sistema simplificado que consiste en utilizar cualquier horno que alcance de 1.400 a 1.500 grados centígrados y se procede de la siguiente manera:

En navelillas refractarias se coloca tres cuartas partes de su volumen con las arenas a investigarse, se introducen las navelillas al horno que debe estar calentándose a unos cien grados, de allí, se va elevando la temperatura hasta unos mil gra -

dos, más o menos en dos horas, se sacan las muestras una a una y durante unos quince minutos dejamos refrescarse, para luego llevarlas al microscopio, donde ayudados por una aguja observaremos el estado de los granos, su soltura, apegamiento, apariencia; anotando las observaciones, vuelven al horno, en el que se irá subiendo la temperatura de 50 en 50 grados, seguir observando cada vez al microscopio hasta que se localiza la cohesión de las puntas de los granos de arena, en esta situación física de comportamiento es precisamente donde ha llegado el PUNTO de SINTERIZACION.

Este sencillo ensayo desplaza los otros sistemas, que utilizan bandas de platino, piroscopios y sus lecturas e interpretación necesitan de cierta especialidad del que usa los aparatos.

Se ha estimado que una temperatura de 1.400 grados centígrados alcanzados por cualquier arena silíciosa, es suficiente como para que resista cualquier uso en moldeos sobre todo el hierro gris, cuya temperatura de colado es superior a los 1.300 grados centígrados.

Los ensayos de las arenas que estamos investigando se realizaron utilizando un horno LINDBERG, de 1.200 grados de capacidad por no contar con hornos de más rango, pero, las experiencias observadas fueron de mucho interés y se sacaron conclusiones de provecho para la continuación de los ensayos.

A continuación resumiremos las observaciones de cada una de las arenas y como se procedió; así mismo al final colocamos una foto que indica como quedaron las arenas ensayadas.

#### ARENA EMERENCIANA

Siguiendo el método explicado en el capítulo anterior, se realizaron las pruebas al microscopio con aumento 35, desde los 1.000 grados, no observándose ningún cambio ni en su apariencia ni en forma de granos, llegando hasta los 1.200 grados, no pudo seguirse investigando por limitación del horno, pero estimamos que su punto de sinterización sobrepasa tranquilamente los 1.400 grados centígrados.

Con el afán de investigar el comportamiento a tem-

peraturas extremas, sometimos una probeta de arena emerenciana a la llama oxiacetilénica, siendo necesario colocar la boquilla más grande para lograr fundir sus granos con una apariencia cristalina vidriosa sin poros a simple vista. En la fotografía mostrada en la Figura Nº 15 se muestra este fenómeno.

#### ARENA GUAYAQUIL

Se procedió de la misma manera hasta que, a los 1.150 grados se comenzaron a ligar las puntas de los granos silíceos y a los 1.200 grados se efectuó su completa sinterización. Se puede observar en la fotografía de la figura Nº 16.

#### ARENA POSORJA

Esta arena por la gran cantidad de finos, en los 1.000 grados, daba la apariencia de haber llegado al punto de sinterización con una coloración rojiza; pero mantuvo este estado hasta los 1.150 grados en que ya fundieron la mayoría de los granos. Se puede observar en la foto de la Figura Nº 16.



Figura N° 15.- Fusión Arena Emerenciana a Llama  
Oxiacetilénica.

## ARENA BARREIRO

Siguiendo los mismos criterios adoptados para los ensayos anteriores, esta arena llegó a los 1.150 grados, pero en los 1.200 grados ya fundieron sus granos. Observación en foto general de muestras (Fig. Nº 16).

## ARENA PALMAR

Esta arena llegó a los 1.200 grados, pero se observó que comenzaban a fundir los granos más pequeños. En la foto general se puede observar (Figura Nº 16).

## ARENA JUJAN

El ensayo de esta arena apenas alcanzó los 1.050 grados, a los 1.100 hubo fusión de granos. Observar foto general (Fig. Nº 16).

## ARENA CHILINTOMO (AMAZONAS)

Esta arena llegó a los 1.150 grados centígrados con apariencia rojiza, pero a los 1.200 grados

ya se realizó la sinterización. Observar foto de la Fig. Nº 16.

#### ARENA YAGUACHI

El ensayo de esta arena alcanzó los 1.200 grados, pero los síntomas eran de que no resistía más temperatura, su punto de sinterización debe estar muy cercano. En la foto general se puede observar (Fig. Nº 16).

#### ARENA CHIMBO

El ensayo de esta arena indicó que a los 1.150 grados estaba cercano su punto de sinterización, no llegó a los 1.200 grados. Se puede observar en la foto general. (Fig. Nº 16).

#### ARENA BULUBULU

Esta arena tiene bajo punto de fusión a los 1.100 grados comenzó a fundir las puntas de sus granos por lo que no se continuó su observación. Se puede ver Foto (Fig. Nº 16).

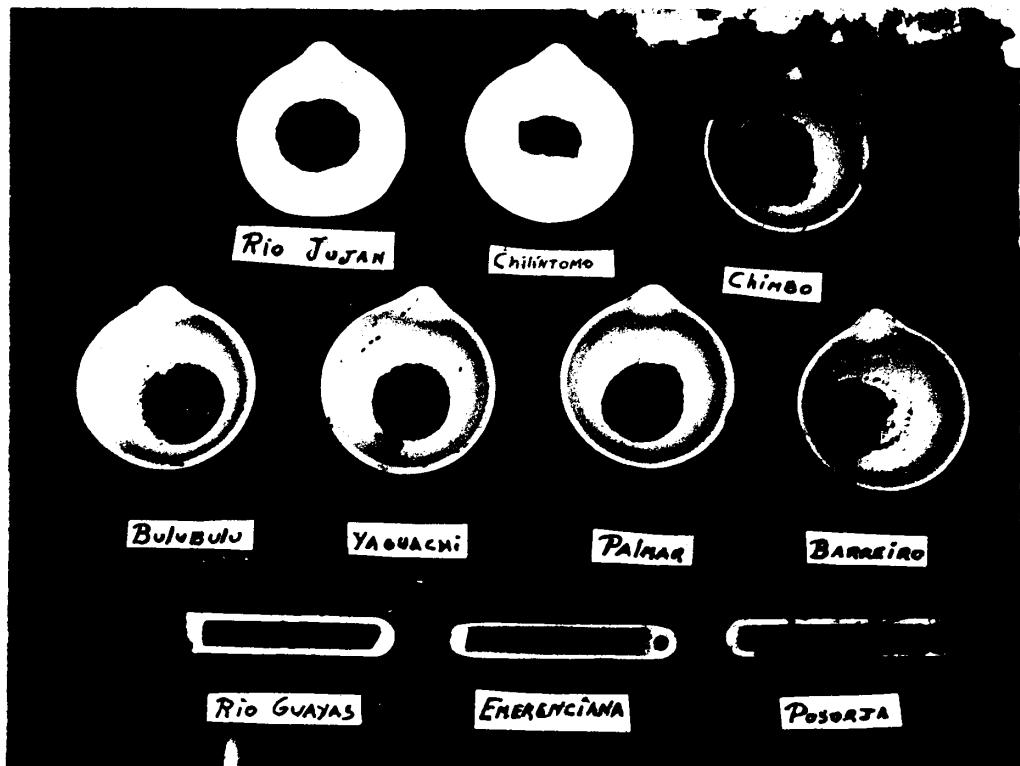


Figura N° 16.- Sinterización de las Arenas

### 3.2.5 Análisis Químico de las Arenas

Los análisis químicos de las arenas se los realizó con la colaboración del Instituto de Química de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, siguiendo las normas indicadas en los textos de las referencias bibliográficas 5 y 7.

Para la preparación de las muestras a analizarse en el Laboratorio de Química se procedió de la siguiente manera: Utilizando la Balanza SARTORIUS 2432, se pesaron 3 gramos de cada muestra; luego se sometieron a pulverización en un mortero, hasta que sus partículas pasaron a través de un tamiz de malla # 100. En esta circunstancia se pusieron a secar las muestras tamizadas en un horno a 110 grados, por espacio de tres horas. A partir de este momento es que se siguen las indicaciones norma indicadas en las referencias bibliográficas 5 y 7.

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación:

MUESTRA	SiO <sub>2</sub>	HUMEDAD	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Otros
EMERENCIANA	98.31	0.1	0.32	1.02	0.38	0.0
GUAYAQUIL	85.93	1.53	0.78	0.50	9.92	1.34
POSORJA	88.80	1.75	0.82	0.52	5.05	3.06
BARREIRO	78.44	1.28	0.71	2.20	5.59	11.78
PALMAR	83.62	1.07	4.20	0.35	7.63	3.13
JUJAN	80.19	0.63	2.93	1.96	9.59	4.71
CHILINTOMO	78.69	1.99	3.57	2.73	10.49	2.53
YAGUACHI	83.29	0.69	1.36	1.66	9.17	3.83
CHIMBO	82.15	0.46	3.00	0.69	7.75	5.95
BULUBULU	81.80	2.49	2.79	2.37	9.30	1.25
<hr/>						

### 3.3 ENSAYO DE LAS BENTONITAS

Las bentonitas son materiales arcillosos cuyo constituyente principal es la montmorillonita y para efectos de fundición se han clasificado en bentonitas sódicas y bentonitas cárnicas, según que predomine los iones sodio (Na<sup>+</sup>) o los iones calcio (Ca<sup>++</sup>). Como tenemos conocido, una arena para moldeo tiene que ser preparada con aglutinantes para darle consistencia, moldeabilidad, adaptabilidad, acabado en el desmoldeo, etc., propiedades que las conseguimos con las bentonitas,

agua y a veces algunos otros aditivos en menor escala, que por ahora no nos interesa.

Las propiedades de las bentonitas son completamente diferentes de las arenas y podemos resumir las más importantes, para tener mejor conocimiento de su comportamiento en contacto con los otros materiales para fundición.

#### COHESION

El agua por ser un elemento dipolar, produce dentro de la bentonita movimientos moleculares fuertes que los cationes estructuran unas películas acuosas que dan propiedades particulares a la mezcla; estas películas, al tratar de desplazarse entre sus estratos producen una resistencia entre ellos que son resistencias de las ligaduras electrostáticas, conocidas como cohesión.

#### PLASTICIDAD

El momento en que aplicamos un amasado suficientemente estable, las partículas resbalarán rompiéndose sus ligaduras, en una posición y volviéndose

dose a formar en nuevas posiciones, es la plasticidad.

#### ADHESION

Si aparece en la mezcla materiales extraños, en nuestro caso arena, a este material lo envuelve y sus partículas quedan ligadas a las películas arcillosas o bentoníticas, ésta es la propiedad de la adhesión.

#### INDICE DE HINCHABILIDAD

Esta propiedad de la bentonita de poseer agua en forma rígida, la que está en relación a los defectos de superficie de las piezas tales como las dartas, colas de ratas, etc. Un índice alto de hinchabilidad indica buen comportamiento frente a los defectos enunciados; las bentonitas cálcicas, tienen índices de hinchabilidad entre 6 y 10 ml, mientras que las sódicas dan valores entre los 25 ml.

#### HIGROSCOPICIDAD

Esta propiedad indica la cohesión en verde de la

mezcla con arena, pero su fin principal es establecer la aptitud de dispersión de la bentonita en una arena. El índice de higroscopidad de una bentonita es el porcentaje de humedad absorbida en presencia de una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl) durante dos horas a una temperatura de 20°C bajo depresión de 10 mm. de mercurio (Hg).

#### INDICE DE SEDIMENTACION

Está relacionado directamente con la hinchabilidad, por lo que da indicaciones sobre el comportamiento de la bentonita en relación con los defectos superficiales. Un índice de sedimentación elevado indica una buena bentonita.

#### LIMITE LIQUIDO

Esta propiedad indica la capacidad de la bentonita en retener de forma rígida, cierta cantidad de agua, de manera que constituya un estado plástico que está en relación con el comportamiento de la bentonita en la arena verde, cuanto más elevado sea este valor, mejor será el comporta-

miento de la bentonita con respecto a los defec -  
tos de colas de ratas, dartas, etc.

#### CONTENIDOS DE CARBONATOS

Se entiende por cantidad de carbonatos, el por -  
centaje, expresado en CaC0<sub>3</sub> presente en una ben -  
tonita seca. Esta determinación tiene por obje -  
to comprobar el débil contenido de carbonatos en  
la bentonita, con el fin de evitar que una can -  
tidad demasiado elevada pueda contaminar la are -  
na de fundición, particularmente en la regenera -  
ción porque sus productos se descomponen con  
producción de C0<sub>2</sub> a una temperatura relativamen -  
te baja con relación a la colada del hierro fun -  
dido. En general, se permite hasta un 5% de  
carbonatos como CaC0<sub>3</sub>.

#### CONTENIDO DE MONTMORILLONITA

La montmorillonita, es el material arcilloso que  
está directamente ligado a la calidad de una ben -  
tonita; por esta razón, es importante conocer el  
porcentaje para estimar la calidad que estamos  
usando para la fundición, las características de

resistencia al envejecimiento de la bentonita, que son muy importantes en la operación de regeneración de las arenas, van particularmente ligados a este porcentaje, este porcentaje está considerado como el contenido de montmorillonita de la bentonita.

Por no existir aparatos adecuados en la ESPOL, puesto que el estudio de las bentonitas es relativamente nuevo en nuestro país, hemos tenido que recurrir a rudimentarios procedimientos que con criterio experimental y con ayuda del Instituto de Química de la ESPOL, han sido lo mejor confeccionados, los que sometimos a comparaciones con bentonitas extranjeras dando resultados parecidos, lo mismo que están dentro de los límites establecidos por la ATEF, en su documento 5/1, de enero de 1974. (Ref. Bibliográfica Nº 9).

Así mismo, para tener más documentación, se ha estimado conveniente insertar a manera de Anexo # 3, análisis físicos y químicos realizados por empresas que han investigado la bentonita de Charazol, con fines industriales.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSION

Un análisis final del proyecto en investigación, ha dado resultados satisfactorios demostrando que la recomendación del experto de las Naciones Unidas doctor José Luis Enríquez fue positiva; con lo que el área de la Fundición tendrá nuevos materiales para seguir investigando para lograr cada vez más avances en la Metalurgia-Mecánica del Ecuador.

A continuación encontraremos los resultados de los análisis de las arenas, tanto físicos como químicos, los que hemos recopilado con el fin de tomar decisiones para las recomendaciones tanto de arena silícea como las que servirán de arenas de relleno:

#### ARENA EMERENCIANA

1.- Indice de Finura A.F.S.	55.41%
2.- Materias Impalpables	0.38%
3.- Finos inferiores a Malla 200	1.06%
4.- Gruesos superiores a Malla 20	0.41%
5.- Distribución en tres tamices	81.34%

6.- Punto de Sinterización	+ 1.400°C
7.- Forma de Grano	Subangular
8.- Humedad	0.1%
9.- Análisis Químico	
Si O	98.4%
Fe2O3	0.32%
CaO	1.02%
Al2O3	0.38%
Otros óxidos	0.0 %

#### ARENA GUAYAQUIL

1.- Indice de Finura A.F.S.	55.41%
2.- Materias Impalpables	0.76%
3.- Finos inferiores a malla 200	3.00%
4.- Gruesos superiores a malla 20	0.00%
5.- Distribución en tres tamices	84.16%
6.- Punto de sinterización	± 1.200°C
7.- Forma de Grano	Compuesto
8.- Humedad	1.53%
9.- Análisis Químico	
Si O	85.93
Fe2O3	0.78
Ca O	0.50
Al2O3	9.92
Otros óxidos	1.34

ARENA POSORJA

1.- Indice de Finura A.F.S.	127
2.- Materias Impalpables	17.14%
3.- Finos inferiores a malla # 200	34.16%
4.- Gruesos superiores a malla 20	0.0 %
5.- Distribución en tres tamices	90.44%
6.- Punto de sinterización	± 1.150 °C
7.- Forma de Grano	Subangular
8.- Humedad	1.75%
9.- Análisis químico:	
Si O	88.80
Fe2O3	0.82
Ca O	0.52
Al2O3	5.05
Otros óxidos	3.06

ARENA BARREIRO

1.- Indice de Finura A.F.S.	94.87%
2.- Materias Impalpables	2.00%
3.- Finos inferiores a malla # 200	11.44%
4.- Gruesos superiores a malla 20	0.06%
5.- Distribución en tres tamices	81.88%
6.- Punto de sinterización	± 1.200 °C
7.- Forma de Grano	Compuesto
8.- Humedad	1.28%

## 9.- Análisis Químico

Si O                    78.44

Fe2O3                0.71

Ca O                2.20

Al2O3                5.59

Otros óxidos 11.78

ARENA PALMAR

1.- Indice de Finura A.F.S.                74.63%

2.- Materias Impalpables                3.88%

3.- Finos inferiores a malla # 200                5.48%

4.- Gruesos superiores a malla 20                0.00%

5.- Distribución en tres tamices                84.64%

6.- Punto de sinterización                ± 1.200°C

7.- Forma de Grano                compuesto

8.- Humedad                1.07%

## 9.- Análisis químico:

Si O                83.62

Fe2O3                4.20

Ca O                0.35

Al2O3                7.63

Otros óxidos 3.13

ARENA RIO JUJAN

1.- Indice de Finura A.F.S.                33.90%

2.- Materias Impalpables	0.0%
3.- Finos inferiores a malla # 200	0.0%
4.- Gruesos superiores a malla 20	26.84%
5.- Distribución en tres tamices	99.06%
6.- Punto de sinterización	± 1.100°C
7.- Forma de Grano	subangular
8.- Humedad	0.63%

9.- Análisis químico:

Si O	80.19
Fe2O3	2.93
Ca O	1.96
Al2O3	9.59
Otros óxidos	4.71

ARENA CHILINTOMO

1.- Indice de Finura A.F.S.	46.94%
2.- Materias Impalpables	0.92%
3.- Finos inferiores a malla # 200	4.4%
4.- Gruesos superiores a malla 20	16.24%
5.- Distribución en tres tamices	80.56%
6.- Punto de sinterización	± 1.150 a 1.200°C
7.- Forma de Grano	Compuesto
8.- Humedad	1.99%
9.- Análisis químico:	
Si O	78.69

Fe203            3.57

Ca 0            2.73

Al203            10.49

Otros óxidos    2.53

#### ARENA YAGUACHI

1.- Indice de Finura A.F.S.            52.70%

2.- Materias Impalpables            1.16%

3.- Finos inferiores a malla # 200    2.16%

4.- Gruesos superiores a malla 20    1.00%

5.- Distribución en tres tamices    74.48%

6.- Punto de sinterización             $\pm$  1.250°C

7.- Forma de Grano                    Subangular

8.- Humedad                            0.69%

9.- Análisis químico:

Si 0            83.29

Fe203            1.36

Ca 0            1.66

Al203            9.17

Otros óxidos    3.83

#### ARENA RIO CHIMBO

1.- Indice de Finura A.F.S.            41.19%

2.- Materias Impalpables            1.1%

3.- Finos inferiores a malla 200    1.94%

4.- Gruesos superiores a malla 20	16.36%
5.- Distribución en tres tamices	89.90%
6.- Punto de sinterización	± 1.150°C
7.- Forma de grano	Subangular
8.- Humedad	0.46%

9.- Análisis Químico:

Si 0	82.15
Fe203	3.00
Ca0	0.69
Al203	7.75
Otros óxidos	5.95

ARENA BULUBULU

1.- Índice de Finura A.F.S.	31.15%
2.- Materias Impalpables	0.24%
3.- Finos inferiores a malla # 200	0.24%
4.- Gruesos superiores a malla 20	1.6%
5.- Distribución en tres tamices	99.46%
6.- Punto de sinterización	± 1.100°C
7.- Forma de Grano	Subangular
8.- Humedad	2.49%

9.- Análisis químico:

Si 0	81.80
Fe203	2.79
Ca 0	2.37

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.30

Otros óxidos 1.25

#### BENTONITA DE CHARAZOL

HUMEDAD	10%
CONTENIDO DE AGUA	26%
CONTENIDO DE ARENA	4%
HINCHABILIDAD	20%
VOLUMEN DE SEDIMENTACION	37%
CONTENIDOS DE CARBONATOS	1.5%
LIMITE LIQUIDO	300.0%
CALENTAMIENTO	Soporta más de 1.200°C sin fundir

#### ANALISIS QUIMICO:

SiO <sub>2</sub>	75.0%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6%
MgO	1.3%
CaO	1.1%
PH	7.0%

Existiendo criterios definidos y establecidos para analizar la buena calidad de una arena, habiendo tomado como normas las dictadas por la A.F.S.; y, siendo nuestro propósito determinar la posibilidad de confirmar la calidad de arena silícea como es la Emerenciana, como también are-

nas que estando con parámetros cercanos a la Emerenciana sirvan de relleno para moldeos, se nos hace muy fácil entrar sin mayor discusión, a mirar resultados dándonos perfecta cuenta que la arena emergencia está cumpliendo con los requerimientos de arena silícea por su granulometría cerca a # A.F.S. 50, resistencia a la sinterización sobre los 1.400°C.

Con respecto a las arenas de relleno, así mismo, con los mismos criterios, nos atrevemos a decir que se ha encontrado una diversidad de arenas que para hacer una buena recomendación posterior, hay que discutir el problema, considerando otro aspecto que aleja un tanto la atención de este proyecto pero que dada su trascendencia lo trataremos con la ubicación que merece.

Las arenas que cumplen a cabalidad con las condiciones pre establecidas para arenas de relleno, definitivamente son las siguientes: Guayaquil, Chilintomo y Yaguachi. Sus puntos de sinterización por alrededor de los 1.200°C así como su número de finura A.F.S. alrededor de 50, hacen notar claramente que son las que merecen ser tomadas en consideración para uso en los moldeos de fundición.

Habiendo observado la conformación del arena Posorja fren-

te a los parámetros de sinterización, cantidad de sílice entre sus granos y su distribución granulométrica, estimamos conveniente que es digna de ser tomada en cuenta aunque con restricciones que comprenden sus usos para materiales de bajo punto de fusión como por ejemplo el aluminio, donde podría ser usada con magníficos resultados sobre todo por el acabado superficial por tener su punto de sinterización muy arriba con respecto al aluminio pero que no sería igual con respecto al hierro gris. Su granulometría es alta, alrededor de 127 lo que está indicando que su acomodo con respecto al momento del colado dará como resultado piezas de aluminio con altas posibilidades de competir en control de calidad y a muy bajo precio.

En lo que tiene que ver la bentonita de charazol, como se trata de introducirla al mercado de la fundición, poco resultaría discutir su bondad, más creemos que es necesario proyectarse con perspectivas de ubicar materia prima ecuatoriana para liberarnos de dependencias omnominiosas y posibilidades de negocios para compatriotas ecuatorianos.

Partiendo de los criterios emitidos por la ATEF, en lo que estipula normas para una buena bentonita, la de Charazol no pide favor a ninguna usada para los mismos menesteres, por lo que estimamos que valdría la pena comenzar en es -

tablazimientos como la ESPOL a realizar prácticas que de -  
terminarán su utilización para el área de la fundición.  
Con respecto a su comportamiento frente a las pruebas fí -  
sicas y químicas cumple con todos los parámetros recomenda-  
dos por la ATEF. en su documento 5/1, de enero de 1974.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluyendo, luego de haber establecido discusiones en los resultados de este proyecto, resumiremos:

Que los materiales para moldeo aquí ensayados, de ser utilizados en la práctica, representarán positivos beneficios para el área de la fundición, tanto en calidad de acabado como en lo económico.

De la manera como fue proyectado este trabajo, se ha encontrado que la ARENA EMERENCIANA satisface todos los parámetros que recomienda la A.F.S., por lo que el autor de esta tesis pone a las órdenes esta arena para uso en moldeos de corazones y moldes, indistintamente del método a emplearse, por presentar características que pueden competir con cualquier arena del mundo, garantizando fundiciones de alto acabado y piezas capaces de lograr buenas calificaciones en control de calidad.

También hemos concluido con respecto a las arenas de relleno, recomendando el uso de las siguientes: Arenas de río: Guayaquil, Yaguachi, Chilintomo, por cuanto la similitud

de condiciones físicas, su fácil adquisición, lo mismo que la arena base (emerenciana), con la que se recomienda usarlas, como material de careo la silícea y como relleno las de río para de esa manera abaratar los costos de operación y obtener buenos resultados como producto final de las piezas fundidas.

Tomando en consideración el caso del arena de Posorja, definitivamente, la recomendamos para uso exclusivo de moldes para metales de bajo punto de fusión, considerándola inmejorable como arena base para moldeo para aluminio. No podría encontrarse material más barato y que dé mejores resultados en acabado de piezas competitivas en calidad y precio.

La bentonita de Charazol se recomienda que se la use combinada con la arena silícea emerenciana, para moldeo de corazones y moldes en general, para lo que sería conveniente que el área de fundición de la ESPOL continúe con las pruebas de estos dos materiales que han cumplido con todas las normas requeridas por la ATEF., por lo que no hay razones por las que fallen estos materiales que estamos recomendando, con lo que podría llegar el momento que trabajemos con materiales más baratos y no dependamos de trámites engorrosos de importación, que encarecen los costos finales.

les de operación, lo mismo que nuevos rumbos en la economía nacional que tanta falta hace en los actuales momentos de progreso y ubicación dentro de los países del Pacto Andino.

Resumiendo todas las operaciones realizadas, según las normas establecidas, hemos estimado de mucha utilidad confeccionar una forma que sirva para recopilar los datos y como guía de las pruebas a realizarse en un análisis de arena, lo mismo que sería un certificado que se entregaría a la persona que solicitó el análisis.

A continuación las formas llenas de las arenas que estamos recomendando en este proyecto:

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE FUNDICION**

**DESIGNACION:** ARENA EMERENCIANA

Proveedor: ARENESA	Fecha: Enero 31-83
Procedencia: EL ORO	Cantidad en Kg.: 500
Analisis No.: 001	Empleo: Moldes y Corazones

**EXAMEN DE RECEPCION**

Estado de llegada: Húmeda	Color: Blanco-Rojizo
Contenido de agua: 0.1%	Retenido en malla de 3mm. 0.41%

**ENSAYOS**

Forma de granos: Subangular

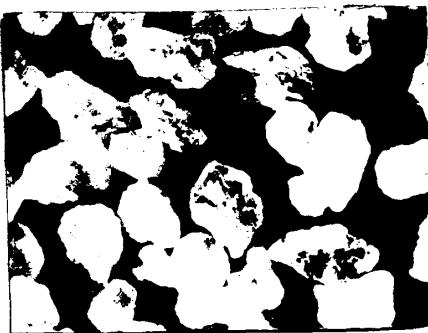
Materiales im-palpables (< 20  $\mu$ ) ..... 0.38 %

Contenido de arcilla ..... 1.44 %

**REFRACTARIEDAD**

Sinteriza a ..... + 1.400  $^{\circ}$ C

Funde a llama oxiacetilénica  $^{\circ}$ C

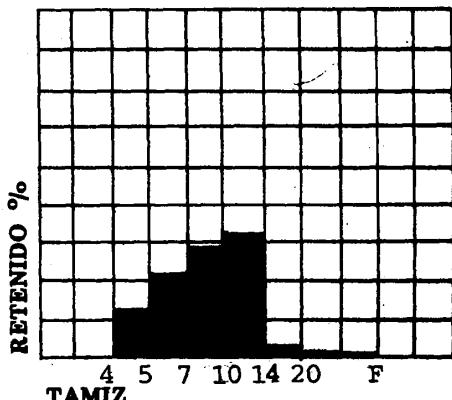


TAMIZ 100

50 X

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Tamiz	Ret. gr.	Ret. %	Factor	Prod.
No. Malla				
20				
40	6.45	12.9	30	387
50	10.87	21.74	40	869.6
70	14.26	28.52	50	1.426
100	15.54	31.08	70	2.175.6
140	2.16	4.32	100	432
200	0.53	1.06	140	148.4
Fondo	0.19	0.38	200	76
Total	50.00			5.514.6



INDICE DE FINURA A.F.S. 55.14

**ANALISIS QUIMICO**

FRACCION	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Otros			
3 grs	97.6	0.38	0.9	1.0	0.0			

**OBSERVACIONES:** ARENA SILICEA

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE FUNDICION**

**DESIGNACION:** ARENA GUAYAQUIL

Proveedor: ARENESA	Fecha: Enero 31-83
Procedencia: Guayaquil	Cantidad en Kg.: 500
Analisis No.: 002	Empleo: Moldes y Corazones

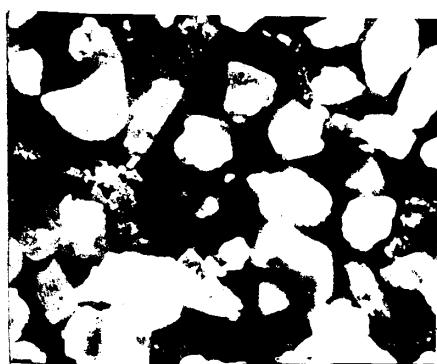
**EXAMEN DE RECEPCION**

Estado de llegada:	Húmeda	Color:	Negro
Contenido de agua:	1.53%	Retenido en malla de 3mm.	0.0%

**ENSAYOS**

Forma de granos: Compuestos

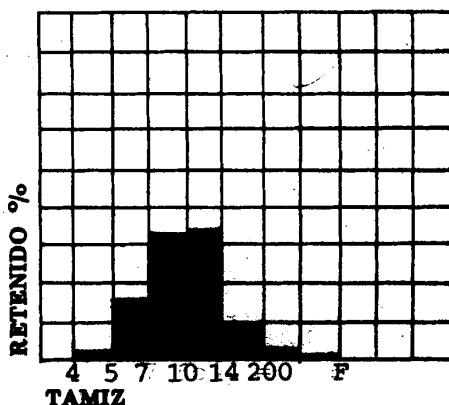
Materiales im-palpables (< 20 $\mu$ ) .....	0.76	%
Contenido de arcilla .....	0.8	%
<b>REFRACTARIEDAD</b>		
Sinteriza a .....	1.200	°C
Funde a .....	1.300	°C



TAMIZ 100 50 X

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Tamiz	Rot. gr.	Ret. %	Factor	Prod.
No. Malla				
20				
40	0.134	2.68	30	80.4
50	8.08	16.16	40	646.4
70	16.74	33.48	50	1674
100	17.26	34.52	70	2416.4
140	4.7	9.4	100	94
200	1.5	3	140	420
Fondo	0.38	0.76	200	152
Total				5483.2
INDICE DE FINURA A.F.S. 54.83				



**ANALISIS QUIMICO**

FRACCION	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Otros			
3 grs	85.93	9.92	0.78	0.50	1.34			

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE FUNDICION**

**DESIGNACION:** ARENA POSORJA

Proveedor: ARENESA	Fecha: Enero 31-83
Procedencia: Posorja	Cantidad en Kg.: 500
Analisis No.: 003	Empleo: Moldes

**EXAMEN DE RECEPCION**

Estado de llegada: Húmeda	Color: Rojiza
Contenido de agua: 1.75%	Retenido en malla de 3mm. 0.0%

**ENSAYOS**

Forma de granos: Subangular

Materiales im-palpables (< 20  $\mu$ ) ..... 17.14 %



Contenido de arcilla ..... 11.5 %

**REFRACTARIEDAD**

Sinteriza a ..... 1.150  $^{\circ}$ C

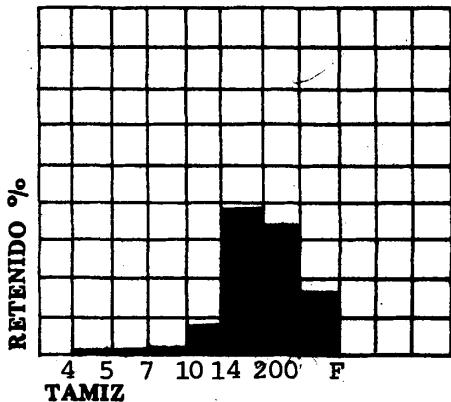
Funde a ..... 1.300  $^{\circ}$ C

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

TAMIZ 100

50 X

Tamiz	Ret. gr.	Ret. %	Factor	Prod.
No. Malla				
20				
40	0.18	0.36	30	10.8
50	0.04	0.08	40	3.2
70	0.51	1.02	50	51
100	4.05	8.1	70	56.7
140	19.57	39.14	100	3914
200	17.08	34.16	140	4782.4
Fondo	8.57	17.14	200	3428
Totales				12246.1
INDICE DE FINURA A.F.S.	122.46			



**ANALISIS QUIMICO**

FRACCION	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Otros				
3 qrs	88.8	5.05	0.82	0.52	3.06				

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE FUNDICION**

**DESIGNACION:** ARENA YAGUACHI

Proveedor: ARENESA	Fecha: Enero 31-83
Procedencia: Yaguachi	Cantidad en Kg.: 200
Analisis No.: 004	Empleo: Material de relleno

**EXAMEN DE RECEPCION**

Estado de llegada: Húmeda	Color: Negro
Contenido de agua: 0.69%	Retenido en malla de 3mm. 1%

**E N S A Y O S**

Forma de granos: Subangular

Materiales im-palpables ( $< 20\mu$ ) ..... 1.16 %

Contenido de arcilla ..... 2.6 %

**REFRACTARIEDAD**

Sinteriza a ..... 1200 °C

Funde a ..... 1250 °C



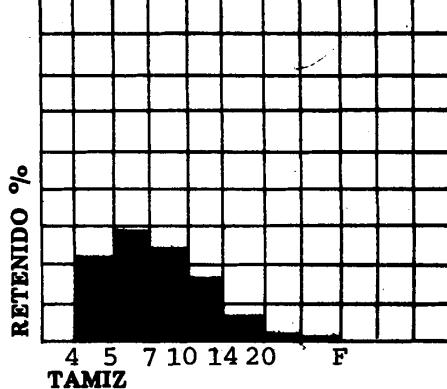
**ANALISIS GRANULOMETRICO**

TAMIZ 100

50 X

Tamiz	Ret. gr.	Ret. %	Factor	Prod.
No. Malla				
20				
40	10.91	21.82	30	654.6
50	14.17	28.94	40	1157.6
70	11.86	23.72	50	1186
100	8.03	16.06	70	1124.2
140	3.07	6.14	100	614
200	1.08	2.16	140	302.4
Fondo	0.58	1.16	200	232
Totales				5270.8

INDICE DE FINURA A.F.S. 52.7



**ANALISIS QUIMICO**

FRACTION	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Otros			
3 grs	83.29	9.17	1.36	1.66	3.83			

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE FUNDICION**

**DESIGNACION:** ARENA CHILINTOMO

**Proveedor:** Hfa. Amazonas

**Fecha:** Enero 31-83

**Procedencia:** Babahoyo

**Cantidad en Kg.:** 200

**Análisis No.:** 005

**Empleo:** Material de relleno

**EXAMEN DE RECEPCION**

**Estado de llegada:** Húmeda

**Color:** Parduzca

**Contenido de agua:** 1. 99%

**Retenido en malla de 3mm.** 16. 24%

**E N S A Y O S**

**Forma de granos:** Compuesto

**Materiales im-palpables (< 20  $\mu$ )** ..... 0. 92 ..... %



**Contenido de arcilla** ..... 2. 1 ..... %

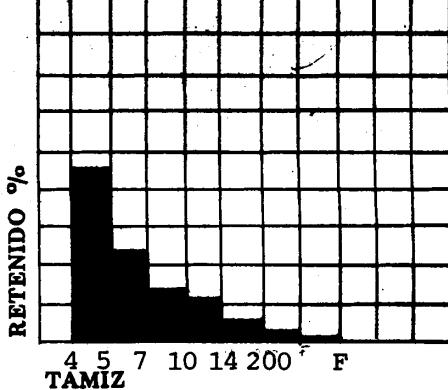
**REFRACTARIEDAD**

**Sinteriza a** ..... 1. 150 ..... °C

TAMIZ 100                                    50 X

**Funde a** ..... 1. 200 ..... °C

Tamiz	Ret. gr.	Ret. %	Factor	Prod.
No. Malla				
20				
40	22. 64	45. 28	30	1358. 4
50	11. 01	22. 02	40	880. 8
70	6. 63	13. 26	50	663
100	5. 84	11. 68	70	817. 6
140	2. 12	4. 24	100	424
200	1. 14	2. 28	140	319. 2
Fondo	0. 46	0. 92	200	184
Total				4647. 0



**INDICE DE FINURA A.F.S.** 46. 32

**ANALISIS QUIMICO**

FRACCION	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Otros			
3 grs.	78. 69	10. 49	3. 57	2. 73	2. 53			

**OBSERVACIONES:**

A N E X O S

## ANEXO 1

### NORMA PARA MUESTREAR ARENAS DE MONTON DE LA A.F.S.

El método para tomar muestras de arena según se la ha de utilizar en la fundición debe recibir atención cuidadosa para asegurar datos de valor significativo. El primer paso consiste en numerar o nombrar cada montón o sistema de arena. Todas las cargas de mezclas de arenas de contacto también deben identificarse de manera apropiada. Se deben tomar y colocar muestras de aproximadamente un litro, sin empacar, en recipientes que puedan cerrarse herméticamente para impedir la pérdida de humedad.

#### ARENA DE PISO

Tomar tres muestras de un litro, una del frente, una del centro y otra de la parte posterior de cada montón, a una profundidad de unos 150 mm de la superficie. Las muestras deben colocarse sin empaque en recipientes con tapas herméticas.

En talleres de fundición donde la arena se amontona sobre

el piso, las muestras se seleccionan y prueban inmediatamente después de que la arena se acondiciona por primera vez para determinar si ésta debe ser retrabajada debido a humedad inapropiada, permeabilidad o resistencia.

Si las muestras de arena se coleccionan a última hora, deben tomarse muestras subsiguientes al mismo intervalo de tiempo después de trabajar el montón para asegurar resultados consistentes en los ensayos.

Para trabajos de investigación o de arbitraje, se ha comprobado la conveniencia de cribar las muestras por un tamiz de 6.35 mm antes del ensayo para obtener resultados reproducibles. Para ensayos de rutina, muchas fundiciones prefieren colocar la arena en el tubo portaprobeta en la misma condición en que se la ha de emplear en la fundición.

Es importante probar las muestras lo antes posible después de obtenerlas para asegurar la correlación de las propiedades físicas de las muestras y las arenas del montón o sistema. Como la humedad afecta materialmente las propiedades físicas de la arena, es importante que las muestras se ensayan a los mismos niveles de humedad que el de los montones al tiempo en que serán utilizados.



**LEGEND — LEYENDA**

ZONA EN  
CONTROVERSIAS

COLOUR INDEX	INDICE DE COLOR	METALLOGENIC SYMBOLS	INDICE	METALOGÉNICO
○	ANTIMONY - ARSENIC - MERCURY ANTIMONIO - ARSENICO - MERCURIO	○ MINERAL INDICATION (PREDOMINANTLY HYDROTHERMAL IN CRHIN) INDICACION DE MINERAL (PRINCIPALMENTE DE ORIGEN HIDROTHERMAL)		
○	ARGENTINEROUS BALENA AND SILVER SULPHIDES. BALENA ARGENTINA Y BULFUROS DE PLATA.	○ MINERAL INDICATION [WITHOUT (ECONOMIC IMPORTANCE)] INDICACION DE MINERAL [SEN IMPORTANCIA ECONOMICA]		
○	COPALY - NICKEL COPALITO - NIQUEL	○ ORE DEPOSIT IN EXPLORATION, OLD MINE OR PROSPECT DEPOSITO DE MINERALES EN EXPLORACION, VIEJA MINA O YACIMIENTO		
○	COPPER COBRE	○ VENUE FOR MINING DEPOSITO EN VETA, CON DRIGACION		
○	COPPER - MOLDS DERUM COBRE - MOLDE DEDENO	○ SULPHIDE INFILTRATION IN METAMORPHIC ROCKS INFILTRACION DE SULFUROS EN ROCAS METAMORFICAS		
○	COPPER-N - SILVER COBRE- PLATA	○ 1934-SULPHIDE STRATA BOUND DEPOSIT CE-1934 OS ESTRATIFICADOS DE SULFUROS DE HIERRO		
○	BOLS DRO	○ BLACK SAND, BEACH DEPOSIT ARENAS NEGRAS, DE PISOTON DE PLAYAS		
○	MANGANESE - IRON ORE MANGANESO - HIERRO	○ REEFERED DEPOSIT DEPOSITO MARINAL		
○	URANIUM - RADIACTIVE ANOMALY URANIO - ANOMALIA RADIACTIVA	○ OCCURRENCE OF OLD MINING WORKS, WITHOUT MINERAL INDICATION OCURRICENCIA DE ANTIGUOS TRABAJOS MINEROS, SIN INDICACION DE MIN		
○	COPPER-GOLD COBRE - ORO	○ GOLD PLACER DEPOSITS DEPOSITOS ALUVIALES DE ORO		
○	MINE, WORKING MINA, EN EXPLORACION	○ MINE, NOT WORKED MINA, CERRADA		

**ELEMENT INDEX                    INDICE DE LOS ELEMENTOS**

PRINCIPAL ELEMENTS (UPPER FIGURE) ELEMENTOS PRINCIPALES (ARRIBA)

Ag	SILVER MINERALS (SULFURIDES, ETC.) MINERALES DE PLATA (SULFOSÍLICIOS, ETC.)	Hg	MERCURY MINERAL (NATIVE, CINNABAR) MINERALES DE MERCUGIO (NATIVO, CINNABAR)
As	ARSENIC MINERALS (ARSENOPYRITE, REALGAR) MINERALES DE ARSENIO (ARENOPIRITA, REALJAR)	Mn	MANGANESE MINERALS (MANH. MN-OXIDE) MINERALES DE MANGANESO (PRINCIPALMENTE OXÍDOS)
At	ATOMIC ELEMENT	Mo	MOLYBDENUM MINERALS (MANH. POLYSULFIDE ) MINERALES DE MOLIBDENO (PRINCIPALMENTE SULFÓCIDOS)
Br	NATIVE BROMINE	Ni	NICKEL MINERALS (NIQUEL)
Ba	SBARIUM MINERALS (SARITE) MINERALES DE BARIO (SARTINA)	Pb	LEAD MINERALS (MANH. GALENITE) MINERALES DE PLOMO (PRINCIPALMENTE GALENA)
Ca	CALCIUM CARBONATE MINERALES DE CALCIUM	S	SULFUR (NATIVE)
Co	COBALT MINERALS (MANH. ENTHALITE ) MINERALES DE COBALTO (PRINCIPALMENTE ENHTALITA)	As	ANTIMONY MINERALS (MANH. STIBITE ) MINERALES DE ANTIMONIO (PRINCIPALMENTE ESTIBNITO)
Ge	COPPER MINERALS (MANH. CHALCOPRYTE) MINERALES DE COBRE (PRINCIPALMENTE CALCOPINTA)	U	URANIUM MINERALS AND RADIODACTIVE ANOMALIES MINERALES DE URANIO Y ANOMALIAS RADIACTIVAS
Fe	IRON ORE (HEMATITE, MAGNETITE, GOETHITE) MINERALES DE HIERRO (HEMATITA, MAGNETITA, GOETITA)		
ACCOMPANYING ELEMENTS (LOWER FIGURE)		ELEMENTOS SECUNDARIOS (ABAJO)	
Ag	SILVER	Cr	CHROMIUM CRÓMICO
Plata		Co	COBALT COBALTO
Ag		Cu	COPPER COBRE
Oro	GOLO	F	FLUORINE FLUOR
		Mo	MOLYBDENUM MOLIBDENO
Ba	SBARIUM	Platinum	PLATINUM PLATINO
		Pt	PALLADIUM PALLADIO
Co	COBALTO	Ir	IRIDIUM IRIDI
		Rh	RHODIUM RHODIO
		Ti	TITANIUM TITANIO
		V	VANADIUM VANADIO
		Zn	ZINC ZINC

**INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES**

**CHEMICAL RAW MATERIALS**  
**MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA QUÍMICA**

MINERALES Y ROCAS

## **DUSTRIALES**

A	IRON - SULPHIDES SULFUROS DE HIERRO
Q	FLUORITE FLUORITA
O	SANTITE SANTIMA
A	BODUM, CHLORIDE DEPOSIT MINERAL SPRINGS DEPOSITOS DE CLORURO DE BODUM, FUENTES MINERALES
A	BODUM, CALCIUM DEPOSIT, SEMIGEMINARY DEPOSITOS DE CLORURO DE CALCIO, SEMIGEMINARIO

- SULFUR, VOLCANIC; OXIDIC AZUFRE, ORIGEN VOLCANICO
- SULPHUR, SEDIMENTARY; OXIDIC AZUFRE, ORIGEN SEDIMENTARIO
- MINERAL AND/OR THERMAL WATER SPRINGS FUENTE MINERAL Y/O TERMAL
- TRAVERTINE DEPOSIT DEPOSITOS DE TRAVERTINO
- PHOSPHATE ROCK DEPOSIT DEPOSITOS DE ROCAS FOSFATADAS
- POTASSIUM SALTS SALINAS DE POTASIO

COAL AND HYDROCARBONS CARBON E HIDROCARBUROS	
LIGNITE SUB-BITUMINOUS COAL CARBÓN LIGNÍTICO SUB-BITUMINOSO	Q
ASPHALT ASFÁLTICO	
GAS REEFCAPES EMANACIONES DE GAS	
PRODUCTOS OILFIELD PRODUCTOS PETROLEROS EN PRODUCCIÓN	
OL-SHALE AND PETROLEUM IMPREGNATIONS LUTITA PETROLIFERA E IMPREGNACIONES PETROLIFERAS	

REFRACTORY MATERIAL

CLAY  
 ARCHILLA  
 FOUNDRY SAND  
 ARENA PARA FUNICIÓN  
 TALC, ASBESTOS  
 TALCO, ASBESTO  
 GRAPHITE

**CIMENT RAW MATERIAL  
MATERIA PRIMA PARA CEM**

**PIEDRA POMEZ  
GLASS RAW MATERIALS  
MATERIA PRIMA PARA VIDRIOS**

## MATERIALES REFRACTARIOS

CERAMIC RAW MATERIALS MATERIA PRIMA PARA CERAMICA	
TO	CERAMIC CLAYS
	CLAY
	FLINT
	SHALE
	SLATE
	SILICA
	STONE
	WADE CLAYS

	MARBLE MARMOL
	DIMENSION PIEDRA ONE
	JASPER JASPE
	OTROS
	AGREGADOS Y DERRUMBES

- 1 Arena Guayaquil
  - 2 Arena Yaguachi
  - 3 Arena Río Juján
  - 4 Arena Posorja
  - 5 Arena Palmar
  - 6 Arena Chilintomo
  - 7 Arena Chimbo
  - 8 Arena Bulubulu
  - 9 Bentonita de Charazol
  - 10 Arena Emerenciana
  - 11 Arena Barreiro

**GENERAL GEOLOGICAL INDEX**  
**INDICE GEOLOGICO GENERAL**

POR MORE DETAILS REFER TO: P.J. GOOSSENS AND W. PICO, 1968, GEOLÓGICO Y MINERALOGICO DE LA ZONA NORTE DEL SISTEMA VOLCANICO Y METAMÓFICO DE LOS 500.000 HECTAREAS DE METALLIFEROS Y NON METALLICOS MINERALES, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM, QUITO-ECUADOR.
PARA MAS DETALLES REFERIRSE A: P.J. GOOSSENS Y W. PICO, 1968, MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 1:500.000 INVESTIGACIONES DE MINERIA Y METALURGIA EN EL SISTEMA VOLCANICO Y NO METALLICO DE LAS NAC ONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, QUITO-ECUADOR.
<input type="checkbox"/> VOLCANICAS Y SEDIMENTOS VOLCANICAS Y SEDIMENTOS
<input type="checkbox"/> VOLCANICAS VOLCANICAS
<input type="checkbox"/> UNION DIFERENTIATED SEDIMENTS SEDIMENTOS NO DIFERENCIADOS
<input type="checkbox"/> UNION DIFERENTIATED SEDIMENTS SEDIMENTOS NO DIFERENCIADOS
<input type="checkbox"/> VOLCANICAS VOLCANICAS
<input type="checkbox"/> UNION DIFERENTIATED SEDIMENTS SEDIMENTOS NO DIFERENCIADOS
<input type="checkbox"/> ACIDIC INTRUSIVES INTRUSIVAS ACIDAS
<input type="checkbox"/> INTERMEDIATE INTRUSIVES INTRUSIVAS INTERMEDIAS
<input type="checkbox"/> UNION DIFERENTIATED METAMORPHICS Y TRANSFORMACIONES METAMORFICAS
<input type="checkbox"/> UNION DIFERENTIATED METAMORPHICS Y TRANSFORMACIONES METAMORFICAS
<input type="checkbox"/> NO GEOLOGIC INFORMATION NINGUNA INFORMACION GEOLÓGICA
<input type="checkbox"/> PRINCIPAL FAULS FALLAS PRINCIPALES

REPRESENTACION PARCIAL DEL TERRITORIO NACIONAL

ANEXO 3

ANALISIS DE LA BENTONITA DE CHARAZOL POR VARIOS LABORATORIOS

ENSAYOS EFECTUADOS POR INDUSTRIAS GUAPAN:

	Si02	Al203	Fe203	Ca0	Si02 Mg0	R203	Pérdida por calcincación
MUESTRA 1	71.60	15.12	4.0	---	1.01	3.74	6.97
MUESTRA 2	63.28	16.24	4.0	1.2	1.23	3.12	4.19
MUESTRA 3	55.30	16.30	6.86	1.5	1.08	2.34	15.94

ENSAYOS EFECTUADOS POR CERAMICA ECUATORIANA DE RIOBAMBA:

	Si02	Al203	Fe203	Ca0	Mg0	Si02 R203	Pérdida por calcincación
MUESTRA 1	69.74	16.6	2.83	1.01	3.0	3.6	---

ANALISIS DE CONCENTRACION CATIONICA POR EL LABORATORIO DEL SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA.- Quito

	Na20	Mg0	Ca0	PH
Muestra # 1.600	2.13	1.9	0.36	6.0
Muestra # 1.601	1.90	0.58	0.49	6.0
Muestra # 1.602	3.02	0.78	0.33	6.0
Muestra # 1.603	1.00	0.60	0.21	5.80
Muestra # 1.604	1.04	0.42	0.33	6.00

ANALISIS DE LABORATORIO DE RAYOS X DEL SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINAS.- Quito.

Las muestras fueron analizadas por Rayos X (DIFRACTOMETRIA) e indicaron que la bentonita de Charazol está compuesta casi exclusivamente de MONTMORILLONITA y sus cristales se presentan con gran orientación. Se encuentra también presente la cristobalita y el contenido de cuarzo es en todas las muestras tratadas, inferior al 3%.

ANALISIS EFECTUADOS POR LA TEXAS PETROLEUM COMPANY, COLOMBIAN DIVISION,  
VELASQUEZ.

BENTONITE ANALYSIS-CUENCA

1.- Wet Screen Analysis Residue on U.S. Sieve 200	3.00%
2.- Moisture	11.00
Apparent Viscosity (Cp)	3.25
3.- Fann Reading. Plastic Viscosity (Cp)	2.00
Yield Point (Lb/100 sq. ft)	2.50
Gel	1.10
4.- Filtrate c.c) at 100 psi. 30 min.	126.00
5.- Filter Cake (in)	4.32
6.- Specific Gravity	2.45
7.- P H.	7.10
8.- Yield (bbl. of Cp mud per ton of material)	25.00
9.- Bencidine Reaction	positiva

10.- The suspension properties are not good because a part of material precipitates, even when the mud is agitated.

11.- The material may not hydrate in water

ANALISIS EFECTUADOS POR LA ANGLO ECUADORIAN OILFIELDS LTD.  
GEOL. DEPT. ANCON.

1.- Visual Inspection.- The sample appeared to consist of a mixture of dark brown, good looking bentonitic type clay and also some dark gray clay which appeared sandier and less suitable for mud making. The whole of the sample was ground to the required grain size and the remainder of the analysis proceeded on this ground sample.

2.- Sand Content: (i) sample = 3.5%  
(ii) A.P.I. máx. = 2.0%

3.- Yield 15 c.p mud (i) Sample = 20 bbl per ton.  
(ii) A.P.I. min. = 90 bbl per ton.

4.- Filtration 15 c.p mud (i) sample in fresh water= 40 cc.  
(ii) sample in formation water = 70 cc  
(iii) A.P.I. max. = 15 cc,

PRUEBAS REALIZADAS POR EL ING. GEOLOGO EUGENIO NUÑEZ DEL ARCO

MUESTRA # 1

MUESTRA # 2

1.- Contenido de Agua 47.00 % 27.50%

2.- Contenido de Arena	2.5 %	1.25%
3.- Densidad de lodo (6% conc.)	8.59 Lb/gl.	8.58 Lb/gl
4.- Viscosidad Marsch	26.30 seg.	26.40 seg.
5.- Viscosidad plástica	2.50 Cps.	2.50 Cps.
6.- Yield Point	1.50Lb/100 sq.ft.	1.50 Lb/100 sq.ft

ANALISIS DE ACTIVACION POR BATEMAN ALAN M.- YACIMIENTOS MINERALES DE RENDIMIENTO ECONOMICO.- Págs. 832-833

"Realizadas pruebas de activación de la bentonita habiendo encontrado que el material es apto para decoloración de aceites animales y vegetales, así como también hidrocarburos, alcoholes, etc."

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Arenas Nacionales para la Elaboración de Corazones (CORES) por Proceso de Caja Caliente para la Industria de la Fundición.- Tesis de Grado de Ingeniero Mecánico Marcos Tapia Quincha. ESPOL, año 1979.
- 2.- Arenas Nacionales para la Elaboración de Moldes por el Proceso de Cáscara (SHELL), Ing. Homero Ortiz A., ESPOL, año 1979.
- 3.- Refractario Plástico para Hornos de Cubilote, Ing. Leonardo Pérez Vásconez, Espol, año 1982.
- 4.- Implementación del Proceso Silicato CO<sub>2</sub> en la Producción Nacional de Bombas Centrífugas, Ing. Ricardo Caleiro C., ESPOL, 1982.
- 5.- MANUALES PARA CLASES DE FUNDICION, A.F.S., Copia de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. 1980.
- 6.- ARENAS DE MOLDEO, Editado por el Centro de Desarrollo (CENDES). 1971.

- 7.- ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO (TEORIA Y PRACTICA), Willar, Furman Bricker.
- 8.- ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DE LAS ARCILLAS EN LA REGION DEL AZUAY CAÑAR, por Ing. Eugenio Nuñez del Arco Andrade.
- 9.- MATERIALES PARA MOLDES Y MACHOS DE LA ASOCIACION TECNICA Y DE INVESTIGACION DE FUNDICION, CENIM-Madrid.
- 10.- ARENAS DE MOLDEO.- Por Ignacio Fernandez de Aguirre y Alberto Muro, Editecnia, Madrid.
- 11.- FOUNDRY SAND PRACTICE By Clide A. Sanders.
- 12.- FUNDAMENTAL MOLDING SAND TECHNOLOGY editado por American Foundrymen's Society Cast Metal Institute, Año 1973.
- 13.- COLADA, Vol. 7 Núm. 12, Revista de la Asociación Técnica y de Investigación de Fundición, Año 1974.
- 14.- TIERRAS DE MOLDEO, Por José Navarro Alcácer y José Antonio Andrés Jimenez.