

IMPLEMENTACION DE METODOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS
ARENAS DE MOLDEO PARA LA FABRICACION DE PIEZAS EN INFUSAN
Ltda.



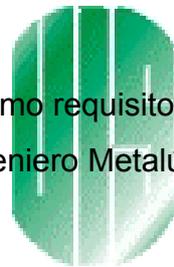
JOHANNA MILENA CELIS BUENO
SOLIANIS CHINCHILLA GAITAN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
BUCARAMANGA

2004

IMPLEMENTACION DE METODOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS
ARENAS DE MOLDEO PARA LA FABRICACION DE PIEZAS EN INFUSAN
Ltda.

JOHANNA MILENA CELIS BUENO
SOLIANIS CHINCHILLA GAITAN



Trabajo de grado como requisito para optar el título de
Ingeniero Metalúrgico

Tutor. ARNALDO ALONSO BAQUERO
Ingeniero Metalúrgico

Co-Tutor. JORGE VARGAS AGUILERA
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
BUCARAMANGA

2004

CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. MARCO TEORICO	3
1.1. LA ARENA DE MOLDEO EN VERDE	3
1.1.1. Componentes Básicos	3
1.1.2. Características	4
1.1.2.1. Refractariedad	4
1.1.2.2. Resistencia	5
1.1.2.3. Moldeabilidad	5
1.1.2.4. Permeabilidad	5
1.1.2.5. Resistencia a la erosión	5
1.1.2.6. Colapsabilidad	5
1.2. ARENA SÍLICE PARA LA FUNDICIÓN	6
1.3. GRANOS DE ARENA	7
1.3.1. Tamaño promedio de grano	8
1.3.2. Distribución del tamaño de grano	8
1.3.2.1. Recomendaciones sobre parámetros para distribución granulométrica	9
1.3.3. Contenido de arcilla	10
1.3.4. Contenido de finos	10

1.3.5. Formas del grano	11
1.4. AGUA	11
1.4.1. Cantidad de agua requerida	12
1.4.2. Uso inapropiado del agua	13
1.5. BENTONITA	13
1.5.1. Bentonita Sódica	14
1.6. CARBÓN	15
1.6.1. Uso en la fundición	16
1.6.1.1. Efecto producido en las arenas de moldeo	17
1.7. EL SISTEMA DE LLENADO DE LOS MOLDES DE ARENA	17
2. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	20
2.1. ARENA BASE	20
2.1.1. Determinación de humedad	20
2.1.2. Determinación de arcilla A.F.S	21
2.1.3. Determinación de la distribución granulométrica por vía seca.	21
2.1.4. Índice de Fineza	22
2.2. MEZCLA DE ARENA USADA POR INFUSAN LTDA.	22
2.2.1. Realización de nuevas mezclas	23
2.3. BENTONITA	24
2.3.1. Determinación de arcilla activa por Azul de Metileno	24
2.4. CARBÓN	25
2.4.1. Determinación de humedad	25

2.4.2. Materias Volátiles	25
2.4.3. Determinación de Cenizas	26
2.4.4. Determinación de Carbono fijo	26
2.4.5. Índice de hinchamiento	27
3. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	28
3.1. ARENA BASE	28
3.1.1. Muestra A: Origen Lebrija	28
3.1.1.1. Arena mezclada	29
3.1.1.2. Arena reutilizada	30
3.1.2. Muestra B: Origen Ruitoque	30
3.2. MEZCLA UTILIZADA EN INFUSAN LTDA.	31
3.3. BENTONITA	32
3.4. CARBÓN	32
3.5. REALIZACIÓN DE NUEVAS MEZCLAS	33
3.6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO DE LOS MOLDES DE ARENA	44
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
5. RECOMENDACIONES	60
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características para seleccionar carbón molido	17
Tabla 2. Propiedades del carbón en la arena de moldeo	17
Tabla 3. Resultados de la muestra A.	28
Tabla 4. Análisis granulométrico de la muestra A	28
Tabla 5. Ensayos en verde de la arena muestra A	29
Tabla 6. Ensayos en Seco de la arena muestra A	29
Tabla 7. Ensayos en Verde de la arena regenerada	30
Tabla 8. Resultados de arena muestra B	30
Tabla 9. Análisis granulométrico de la arena muestra B	30
Tabla 10. Ensayos en Verde de la arena muestra B, tiempo de mezcla 10 minutos	31
Tabla 11. Ensayos en Seco de la arena muestra B, tiempo de mezcla 10 minutos	31
Tabla 12. Resultados obtenidos del polvo de carbón usado por Infusan Ltda.	32
Tabla 13. Análisis granulométrico del polvo de carbón	32
Tabla 14. Composición de las mezclas de arenas analizadas	33
Tabla 15. Ensayos en Verde para mezclas de arena # 1,	34
Tabla 16. Ensayos en Verde para mezcla de arena #2,	35
Tabla 17. Ensayos en Verde para mezcla de arena #3.	36

Tabla 18. Ensayos en Seco para mezcla de arena #3.	37
Tabla 19. Ensayos en Verde para mezcla de arena #4.	37
Tabla 20. Ensayos en Verde para mezcla de arena #5.	38
Tabla 21. Ensayos en Verde para mezcla de arena #6.	39
Tabla 22. Ensayos en Seco para mezcla de arena #6.	40
Tabla 23. Ensayos en verde para mezcla de arena #7.	41
Tabla 24. Ensayos en verde para mezcla de arena #8.	42
Tabla 25. Ensayos en Verde para mezcla de arena # 10 y 11.	44
Tabla 26. Ensayos en Verde para mezcla de arena # 13 y 14.	44
Tabla 27. Las mezclas seleccionadas para la experimentación En Infusan	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquematación del mecanismo de cohesión desarrollado por la bentonita y el agua	4
Figura 2. Arena de Sílice	6
Figura 3. Formas y tamaños de los granos de la arena de sílice	7
Figura 4. Gráfica con forma Gaussiana o de campana.	8
Figura 5. Probeta AFS para la determinación de las propiedades como resistencia a la compresión en Verde, corte, permeabilidad, compactibilidad y dureza.	23
Figura 6. Perfiles estándar con los correspondientes índices de hinchamiento	27
Figura 7. Análisis granulométrico arena base, muestra A	28
Figura 8. Análisis granulométrico arena base, muestra B	31
Figura 9. Análisis granulométrico del polvo de carbón	33
Figura 10. RCV. vs Humedad para Mezcla de arena # 1 con 3 minutos de mezcla.	34
Figura 11. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 1 con 3 minutos de mezcla.	35
Figura 12. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 2 con 3 minutos de mezcla.	35

Figura 13. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla # 2 con 3 minutos de mezcla.	36
Figura 14. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 3 con 3 minutos de mezcla.	36
Figura 15. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 3 con 3 minutos de mezcla.	37
Figura 16. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 4 con 3 minutos de mezcla.	38
Figura 17. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 4 con 3 minutos de mezcla.	38
Figura 18. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 5 con 3 minutos de mezcla.	39
Figura 19. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 5 con 3 minutos de mezcla.	39
Figura 20. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 6 con 3 minutos de mezcla.	40
Figura 21. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 6 con 3 minutos de mezcla.	40
Figura 22 RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 7 con 3 minutos de mezcla.	41
Figura 23. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 7 con 3 minutos de mezcla.	42
Figura 24. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 8 con 3 minutos de mezcla.	43

Figura 25. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 8 con 3 minutos de mezcla.	43
Figura 26. Dimensiones de la unión entre los canales de alimentación para una Tee de 3 * 2	46
Figura 27. Dimensiones del canal de alimentación de la Tee de 3 * 2	46
Figura 28. Dimensiones del canal de alimentación de la tapa rectangular por la parte inferior.	47
Figura 29. Dimensiones del canal de alimentación de la tapa peatonal.	48

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Placa modelo para la tee de 3 * 2	
Parte inferior.	46
Fotografía 2. Placa modelo para una tapa rectangular	
parte de inferior.	47
Fotografía 3. Placa modelo para una tapa rectangular	
parte superior	48
Fotografía 4. Dimensiones del Bebedero utilizado en el	
molde de la Tee de 3 * 2 y en la tapa rectangular	48
Fotografía 5. Dimensiones del bebedero usado para la	
tapa peatonal	49
Fotografía 6. Piezas obtenidas utilizando la muestra A de arena	54
Fotografía 7. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla	
Seleccionada D	55
Fotografía 8. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla	
Seleccionada H	56
Fotografía 9. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla	
Seleccionada A	56

Fotografía 10. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla	
Seleccionada E	57
Fotografía 11. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de	
Llenado utilizado por Infusan	58
Fotografía 12. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de	
Llenado utilizado por Infusan	59
Fotografía 13. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de	
Llenado utilizado por Infusan	59

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Anexo A. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla de Infusan Ltda.(12% de Bentonita, 6% de carbón, 7.6% de agua; 10 minutos de mezcla.)	63
Anexo B. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla de Infusan Ltda.(12% de Bentonita, 6% de carbón, 7.6% de agua; 10 minutos de mezcla.)	63
Anexo C. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla C	64
Anexo D. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla F	64
Anexo E. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla J	64

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS ARENAS DE MOLDEO PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS EN INFUSAN LTDA. *

JOHANNA MILENA CELIS BUENO
SOLIANIS CHINCHILLA GAITÁN **

Palabras Claves:

Arena de moldeo en verde, Control arena, materias primas, Mezclas de arena, Curvas representativas.

En este trabajo práctico, se partió de un diagnóstico sobre los problemas presentes en Infusan Ltda., empresa Fundidora ubicada en Bucaramanga, especializada en la elaboración de accesorios para acueducto y alcantarillado. Se llevo a cabo una evaluación sobre las posibles causas, por las cuales las piezas que allí se fabrican presentaban defectos superficiales, por lo que se empezó evaluando el sistema de preparación de las mezclas de arenas de moldeo y diseño de llenado de piezas, para así realizar las curvas representativas y escoger las mejores mezclas para recomendar y dar soluciones. Primero se evaluó la arena, ya que es la más conocida para la elaboración de moldes no permanentes, con costos de mano de obra e insumos muy por debajo de las demás, que se recicla fácil y económicamente, luego se caracterizó la materia prima como es la Bentonita y el Carbón, teniendo en cuenta que se contaba con una mezcla base con un exceso de humedad y de bentonita, aglomerante de alta resistencia, que le da buenas propiedades a la arena. De los resultados teóricos se escogieron tres mezclas dependiendo del tamaño de la pieza a elaborar, con los cuales se redujo el porcentaje de piezas rechazadas por defectos superficiales, además se mejoró la calidad de la arena ya que ésta se regeneraba y era utilizada nuevamente como arena de contacto, en cuanto al sistema de llenado, este era bueno, por lo que se llegó a la conclusión que era problema de la arena. Las recomendaciones más importantes realizadas fueron: la de disminuir el tiempo de mezcla de la arena y utilizar implementos de medida más exactos.

* Práctica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de materiales, Arnaldo Alonso Baquero.

TITLE: IMPLEMENTATION OF METHODS OF CONTROL OF QUALITY IN THE SANDS OF I MODEL FOR THE PRODUCTION OF PIECES IN INFUSAN LTDA. *

JOHANNA MILENA CELIS BUENO
SOLIANIS CHINCHILLA GAITÁN **

Key words:

Sand of I model in green, Control sand, matters cousins, Mixtures of sand, Curved representative.

In this practical work, it left of a diagnosis on the present problems in Infusan Ltda., company foundry located in Bucaramanga, specialized in the elaboration of accessories for aqueduct and sewer system. You carries out an evaluation on the possible causes, for those which the pieces that there are manufactured they presented superficial defects, for what you began evaluating the system of preparation of the mixtures of sands of I model and I design of having filled with pieces, he/she stops this way to carry out the representative curves and to choose the best mixtures to recommend and to give solutions. First the sand was evaluated, since it is the good known one for the elaboration of non permanent molds, with manpower costs and inputs very below the other ones that it is recycled easy and economically, the matter was characterized then it prevails like it is the Bentonita and the Coal, keeping in mind that he/she had a mixture it bases with an excess of humidity and of Bentonita, agglomerate of high resistance that gives good properties to the sand. Of the theoretical results three mixtures were chosen depending from the size of the piece to elaborate, with which decreased the percentage of pieces rejected by superficial defects, he/she also improved the quality of the sand since this it was regenerated and it was used again as contact sand, as for the system of having filled, this it was good, for what you reached the conclusion that was problem of the sand. The carried out more important recommendations were: the one of to diminish the time of mixture of the sand and to use more exact measure elements.

* Managerial practice

** Ability of Engineerings physicochemical, Engineering Metallurgic and Science of materials, Arnaldo Alonso Baquero

INTRODUCCIÓN

El oficio del moldeador y fundidor es uno de los más antiguos en la historia de los oficios manuales. Hace ya varios centenares de años que se elaboran piezas fundidas. A pesar de este pasado tan brillante, con sus valiosas enseñanzas y experiencias, las infinitas posibilidades del oficio hacen que continuamente se trabaje con nuevos perfeccionamientos y simplificaciones, destinados a suprimir complicaciones y otras circunstancias desfavorables.

La fundición es una de las partes de la fabricación mecánica, que depende en gran parte, de la habilidad y experiencia del moldeador.

Para el éxito de una pieza fundida, es factor esencial la arena del molde, puesto que con una arena de moldeo deficiente no pueden obtenerse piezas de buena calidad, han de tenerse en cuenta las leyes de la naturaleza en su preparación, pues de lo contrario, aun empleando calidades de arena relativamente altas, resultan piezas fundidas rugosas e irregulares.

Una arena de buena calidad ha de tener óptimas propiedades, como plasticidad, refractariedad, permeabilidad y ser resistente. La composición de la arena de moldeo depende del grosor de las paredes de la pieza que se ha de fundir, no existiendo reglas fundamentales sobre ello.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el sistema de preparación de las mezclas de las arenas de moldeo y el diseño del llenado de piezas en Infusan Ltda.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico sobre los problemas presentes en Infusan Ltda., tales como defectos superficiales, arena y aditivos utilizados y preparación de mezclas de arena de moldeo.
- Realizar a partir de las curvas representativas de las propiedades de arenas de fundición, las mezclas apropiadas para disminuir los defectos superficiales en las piezas.
- Evaluar el sistema de llenado, para algunas de las piezas fabricadas por Infusan Ltda. y proponer nuevos diseños.

1. MARCO TEORICO

1.1. LA ARENA DE MOLDEO EN VERDE

Es la más conocida para la elaboración de moldes no permanentes, con costos de mano de obra e insumos muy por debajo de las demás, que se recicla fácil y económicamente, utilizando componentes menos nocivos para la salud y el medio ambiente, por lo que continua siendo entre todas la más utilizada no sólo en Colombia, sino en el mundo.

1.1.1. Componentes básicos

Las arenas de moldeo están formadas por granos de arena que se han cubierto con bentonita, gracias a la acción de un mezclador o molino, con el fin de que cuando el material se compacte en la elaboración del molde, Los granos permanezcan unidos entre sí.

De lo anterior se deduce que los granos y la bentonita son componentes básicos de una arena en verde, encontrándose aquellos en las arenas de sílice, mayormente utilizadas por su abundancia, y este en la bentonita, material aglutinante que necesita de la humedad del agua para comportarse como tal. La figura 1 muestra esquemáticamente el mecanismo de cohesión de las arenas aglutinadas con bentonita.

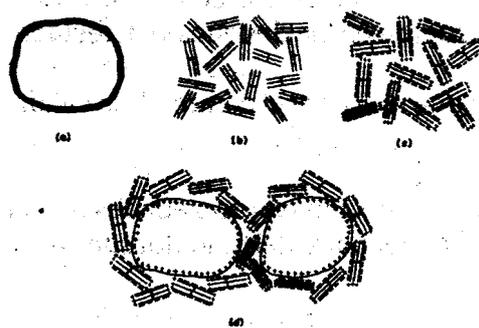


Figura 1. Esquematización del mecanismo de cohesión desarrollado por la bentonita y el agua a grano de sílice recubierto con capas de agua de 2 ó 3 niveles moleculares por efecto del desequilibrio electroquímico de la superficie del sólido. b- partícula de bentonita con sus unidades estructurales en seco. c-Partícula de bentonita con campos eléctricos superficiales debido a la hidratación de sus moléculas. d- unión entre granos de sílice a través de puentes formados con partículas de bentonita humedecida.

Existen otras sustancias como el carbón, la dextrina, el aserrín, la celulosa y algunos agentes químicos, que mejoran el desempeño y facilitan el manejo y preparación de las arenas sin ser esenciales en la elaboración de las mismas.

1.1.2 Características

Las etapas por las que pasa una arena de moldeo en verde: preparación, transporte y manejo, elaboración del molde, vaciado del metal, desmoldeo y reacondicionamiento, demandan de ella un comportamiento especial con mayor énfasis en la elaboración del molde, el vaciado y la solidificación del metal por lo que las características¹ más importantes a tener en cuenta son:

1.1.2.1. Refractariedad : Habilidad de soportar altas temperaturas sin fundirse ni sinterizarse sobre la pieza.

¹GOMEZ, J.I. Y RODAS, N. "Propiedades y metaestabilidad de las arenas de moldeo en verde colombianas". Proyecto de Investigación, Depto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Medellín 1993. 63 Págs.

1.1.2.2. Resistencia: Conservación de la forma del modelo, permitiendo la manipulación del molde y soportando las presiones metalostáticas sin deteriorarse. Debido al impacto que sufre la arena al entrar el metal, se tienen en cuenta la resistencia en verde, en caliente y en seco.

1.1.2.3. Moldeabilidad: propiedad que permite a una arena copiar la forma del modelo, compactándose adecuadamente sin formar rugosidades en la pieza, evitando el mal copiado de relieves en el molde y la demanda de una excesiva energía de apisonado para lograr la consistencia adecuada.

1.1.2.4. Permeabilidad: Permite la evacuación de los gases que se originan en el molde al momento del vaciado, evitando la formación de sopladuras .

1.1.2.5. Resistencia a la erosión: Habilidad de evitar el desmoronamiento superficial del molde, que causa inclusiones en la pieza.

1.1.2.6. Colapsabilidad: Facilita el desmoldeo.

En el caso de las arenas de moldeo en general y en verde en particular, existen asociaciones en los países desarrollados, que han implementado ensayos y definido normas para llevarlos a cabo. En Colombia los mas ampliamente utilizados, son los desarrollados por la Sociedad Americana de Fundidores A.F.S.

Los parámetros que más afectan las propiedades de una arena en verde, fácilmente controlables por parte del fundidor son:

☞ Tipo, calidad y cantidad de bentonita utilizada.

☞ Contenido de humedad.

- ☞ Tipo, calidad y cantidad de cada uno de los aditivos añadidos

Existen otros sobre los cuales no se pueden establecer relaciones funcionales con las propiedades por lo que actuar sobre ellos es prácticamente imposible, estos son:

- Distribución granulométrica, número de finura y contenido de finos y arcilla A.F.S de las arenas de base.
- Tiempo de mezcla, tipo y estado del molino utilizado, o método de mezcla empleado.

1.2. ARENA DE SÍLICE PARA FUNDICIÓN.

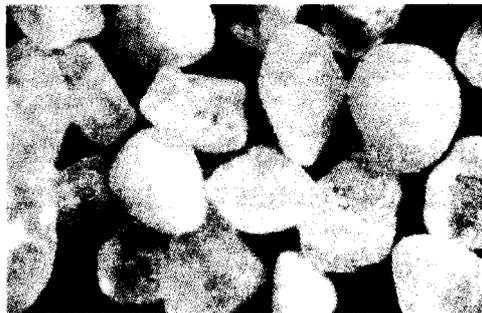


Figura 2. Arena de Sílice

La producción de piezas fundidas de calidad a costos razonables requiere de insumos y materias primas con propiedades cuyos valores se mantengan dentro de ciertos rangos evitando variaciones del proceso que lo vuelvan incontrolable o costoso.

Las arenas de base en nuestro medio, presentan falencias en relación con estas exigencias, debido tanto a la falta de calidad en ellas, como al

desconocimiento por parte del fundidor de la incidencia de sus características en el proceso de elaboración de machos y moldes, y a la falta de evaluación de las mismas.

Por abundancia y facilidad de tratamiento, la arena de sílice es la más utilizada para el moldeo por lo cual se le han definido características según su tamaño y forma, y según su composición.

La forma de la arena a nivel del grano, y colectiva (distribución por tamaños), tiene influencia en el desempeño del molde, existiendo ensayos que permiten conocer tamaño promedio de grano, distribución del tamaño de grano, contenido de arcilla A.F.S., contenido de finos y forma de grano.

1.3. GRANOS DE ARENA

Tiene diferentes formas y propiedades

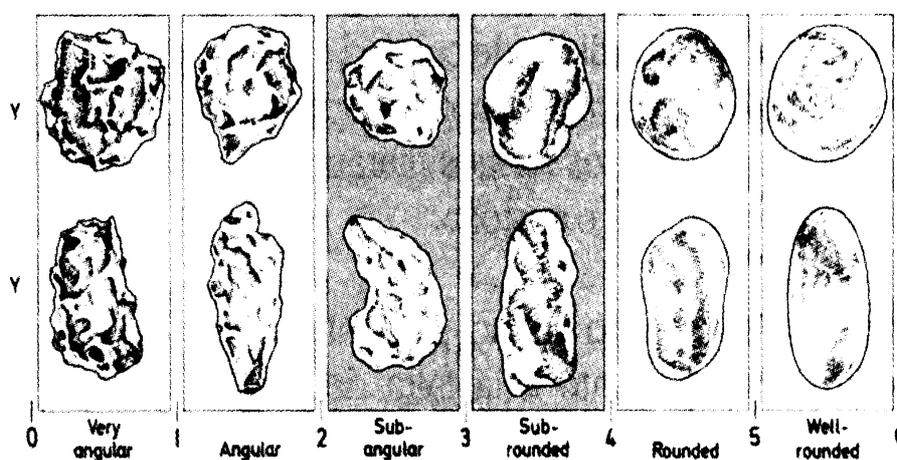


Figura 3. Formas y tamaños de los granos de la arena de sílice

²SANDERS, C. Foundry Sand Supplement to Foundry Sand Practice. American Colloid Company 1973 impreso en USA. Skokie, ILL. USA.

1.3.1. Tamaño promedio del grano

Es un número que indica de forma ponderada contra el peso, el tamaño representativo del grano de una arena.

El tamaño de grano determina en gran medida el acabado de la superficie de la pieza, siendo las arenas más finas las que mejor acabado dan.

La superficie específica también es determinada por el tamaño de grano, y es importante porque define la cantidad necesaria de bentonita para recubrir todos los granos con un espesor uniforme, siendo así como una arena más fina demanda mayor cantidad.

1.3.2. Distribución de tamaño de grano

La distribución por tamaños del grano afecta directamente la permeabilidad y fragilidad de la arena compactada por lo que un molde con arena cuyos tamaños están comprendidos en menos de tres tamices, presenta problemas de roturas y agrietamiento por sensibilidad a la dilatación de los granos de sílice, o al contrario, un molde con arenas de dimensiones comprendidas en más de cinco tamices, presenta baja permeabilidad y demanda mayores porcentajes de bentonita.

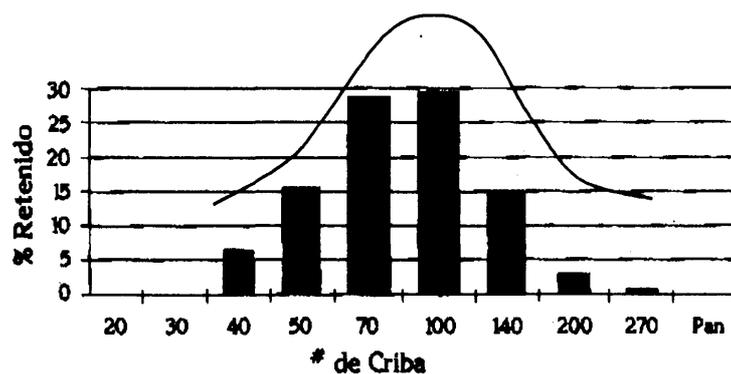


Figura 4. Gráfica con forma Gaussiana o de campana

1.3.2.1 Recomendaciones sobre parámetros para la distribución granulométrica:

- Arena cuya distribución se asemeje a una distribución normal o Gaussiana. (en forma de campana).
- Máximo porcentaje en peso retenido en un tamiz, 45%.
- La suma de los tres tamices consecutivos con contenidos mayores no debe superar el 95 %.

Los cuatro porcentajes mayores deben estar en tamices consecutivos; su acumulado no debe ser inferior al 85%.

- La tolerancia de los porcentajes retenidos es más o menos el 10% del porcentaje convenido para cada tamiz, así para un 20%, el rango estaría entre 18 y 22%.

1.3.3. Contenido de arcilla

La presencia de partículas menores a 20 μm desmejora las arenas porque disminuyen la permeabilidad del molde, sinterizan a la superficie de la pieza fundida y generan demanda de mayores porcentajes de agua para lograr niveles iguales en las propiedades. El nivel máximo recomendado en el contenido de arcilla A.F.S. para moldeo en verde es de 0.5%.

1.3.4. Contenido de finos

Los finos son las partículas que quedan retenidas en los tamices de la serie americana 200, 270 y bandeja, menores a 100 μm pero mayores a 20 μm . Su ausencia total en el molde disminuye la resistencia y tenacidad haciéndolo quebradizo y erosionable, vuelve la arena sensible a los cambios de humedad dificultando el moldeo y produce valores erráticos en las propiedades. Su presencia disminuye la permeabilidad, puede afectar la refractariedad y aumenta la presencia de grumos.

Es preferible que la arena de sílice tenga bajo contenido en finos para poder ajustarla a cada proceso, siendo los niveles recomendados para moldeo en verde:

Máximo 1 % para índices de finura hasta 60.

Máximo 1 % para índices de finura de 60 a 100 exceptuando malla 200.

Índice de finura A.F.S recomendado para las arenas de sílice como insumo de moldeo:

Acero	40- 65
Fundiciones Ferrosas	70 -100
Aleaciones de Cobre	100 -120
Aleaciones ligeras	100 –140

1.3.5 Forma del grano

En la figura 3 se observan varias formas de clasificación de los granos de arena siendo el muy angular o compuesto el único inaceptable para el moldeo. Sin conclusiones definitivas se acepta que una arena de grano redondo para el apisonado corriente es la que produce mejor permeabilidad, que la alteración granulométrica es superior en la arena angular y que el consumo de bentonita es menor para el grano redondeado por su superficie específica menor.

También se dice aunque esta opinión tiene sus opositores, que una mayor angularidad favorece la resistencia por haber más puntos de contacto y más entramamiento entre granos pero dificulta la operación de recubrimiento con la bentonita.

1.4. AGUA

El agua se añade a la mezcla para darle plasticidad, desarrollando las características adhesivas de las bentonitas que unen los granos de arena, siendo adecuada la cantidad cuando produce un buen nivel de resistencia aglutinante. Al agua se la menciona en fundición como un "mal necesario" ya que pequeñas variaciones en la cantidad, pueden causar problemas serios de desecho en el moldeo o el colado.

El agua de mezclado es probablemente el ingrediente más importante en la preparación de la arena para moldeo. Esta retiene agua de adsorción y agua libre. La primera es la que se encuentra retenida fijamente en la superficie de la bentonita, la arena u otras partículas, por medio del fenómeno de adsorción. La segunda es el porcentaje de agua presente que excede la cantidad que puede ser adsorbida por la mezcla. Una mezcla incompleta puede contribuir a la presencia de agua libre.

1.4.1. Cantidad de agua requerida. El contenido de humedad de un sistema de arena en verde varía del 2.4% al 4.5% en peso dependiendo de la arena base utilizada, la bentonita y los aditivos. La arena controlada a un cierto nivel de humedad no apisonará de forma constante de un molde a otro. La humedad debe ser ajustada según las variables del sistema de arena verde, para mantener las propiedades requeridas. Mas importante que el porcentaje de humedad es la compactabilidad, que mide la relación entre el agua y la bentonita, el grado de moldeabilidad y la humedad relativa.

El contenido de humedad en la arena de moldeo regenerada es mayormente afectada por la proporción de arena a metal, el tipo y temperatura del metal colado, tiempo transcurrido desde el colado hasta el desmolde, y la cantidad de arenilla de ánima que ha sido devuelta al sistema. El equipo de enfriamiento para controlar la temperatura bajo los 38°C de la arena de retomo antes de entrar al mezclador, es muy importante en los sistemas modernos de moldeo.

1.4.2. Uso inapropiado de agua

El exceso de agua produce formación de vapor y gas dentro de la cavidad del molde causando variaciones en el tamaño de las piezas debido a altas deformaciones, así como también defectos relacionados con expansión elevada. El rápido aumento de la resistencia al calor y en seco con un contenido de humedad aumentado, también conduce a problemas de desmoldeo y fracturas en las piezas coladas.

El exceso de agua o " agua libre" es aquel que no puede ser adsorbido fácilmente por la arena de moldeo durante el proceso normal de mezcla debido al cual la bentonita podría no ser completamente plastificada. Usualmente cuando la demanda de agua excede el 7.5% en arenas verdes y el 8.5% en la arena de sílice hay razón para pensar en la presencia de un exceso de aditivos, los más comunes los carbonados y las celulosas.

1.5. BENTONITA

La arcilla es el adhesivo que mantiene la forma del molde a todas las temperaturas en la mezcla de arena para moldeo, debido a que ella sirve como aglutinante para los granos de arena. La arcillas que mas se utilizan en la fundición se encuentran en depósitos naturales, predominando la especie montmorillonita más conocida como bentonita.

La razón más importante para utilizar bentonita sobre cualquier otra arcilla aglutinante radica en la alta resistencia que le confiere a las arenas de moldeo

en verde, lo que significa menor cantidad de aglutinante con alta permeabilidad y todas las ventajas que ella trae.

Las bentonitas³ se clasifican en:

- Bentonitas sódicas naturales
- Bentonitas sódicas artificiales o activadas. Son bentonitas cálcicas naturales en las cuales el ion Ca^{++} ha sido reemplazado por iones Na^+
- Bentonitas cálcicas naturales
- Arcillas bentoníticas. Son mezclas naturales de arcillas, dentro de las cuales se encuentra en diferentes proporciones el mineral montmorillonítico.
- Bentonitas compuestas. Mezclas de bentonita sódica natural y cálcica.

1.5.1. Bentonita Sódica

La bentonita sódica es la arcilla con mayor uso en la fundición, pudiendo ser utilizada en la arena en verde para el moldeo de casi todos los metales y requiriendo menos agua que cualquier otro tipo de arcilla.

La humedad ideal para el uso de la bentonita, es de 38% a 42% de la arcilla activa. El exceso de humedad tiende a causar problemas mecánicos con el moldeo y desmoldeo, mientras que la insuficiencia de humedad causa pobre estabilidad en la superficie de los moldes, defectos de erosión y moldes rotos.

³GOMEZ, J.I. Y RODAS, N. "Durabilidad de las Bentonitas colombianas en las arenas de Moldeo". Proyecto de Investigación, Depto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Medellín 1993. 47 Págs.

La bentonita sódica se expande adsorbiendo humedad. Esta propiedad permite producir moldes de mayor profundidad, por su mejor capacidad de deformación y resistencia presentando propiedades superiores al calor y en seco, las cuales son muy importantes cuando se trata de evitar cortaduras y erosión. Además es destruida a una temperatura de 1000°C (1832°F), lo que le confiere buena durabilidad en las arenas de moldeo.

El uso excesivo de bentonita sódica puede causar dificultades en el desmoldeo y piezas rotas.

La utilización de este aglomerante se debe a que tiene características muy interesantes:

- Economía. Bajo precio.
- Se encuentra más o menos en todos los países. Porcentajes de adición relativamente pequeños en las arenas.

La montmorillonita es el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en las bentonitas, las buenas bentonitas deben tener entre 80 y 90% de montmorillonita. El resto está formado por arena, carbonatos (calcita), materias orgánicas, óxidos de hierro, etc.

1.6. CARBÓN

El carbón mineral es un material complejo, ya que no es una especie química única, sino más bien una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos provenientes de la descomposición y metamorfismo de sedimentos de materia orgánica vegetal y animal.

Los carbones se forman en su mayor parte de acumulaciones de plantas muertas. Los tejidos y órganos vegetales poseen diferente resistencia a la descomposición biológica y química. A causa de las variaciones de las velocidades y las condiciones de descomposición, se forman en la fase bioquímica de la carbonificación componente diferentes llamados macerales.

1.6.1. Uso en fundición.

El uso del carbón⁴ mineral pulverizado como aditivo en las arenas de moldeo para fundición ferrosa busca evitar la adherencia de la arena a la pieza fundida y la penetración del metal líquido en el molde, como también reducir la posibilidad de defectos ocasionados por la expansión térmica de la sílice, además de tener por objeto evitar la combustión de la arena en la superficie de contacto de la superficie fundida. .

La cantidad óptima de polvo varía de sistema a sistema y es afectada de acuerdo al metal que se cuela, el tipo y tamaño de la pieza y el método de preparación de la arena. Este polvo debe ser de una granulometría muy fina y uniforme. Los granos gruesos de carbón, son muy perjudiciales porque perturban la estructura uniforme de la superficie exterior del molde.

La buena calidad del carbón se reconoce en su coloración parda de café, su granulometría debe estar entre 0.05 - 0.01mm.

Para seleccionar un buen carbón mineral molido se deben considerar varios factores principales:

⁴NUÑEZ, Claudia. Estudio de carbones de Santander y note de Santander para su posible utilización como aditivo en las arenas de moldeo. 1999. Capitulo I pagina 10-11.

- Materias volátiles
- Porcentaje de carbono fijo
- Contenido de cenizas
- Contenido de azufre
- Porcentaje de humedad

Tabla 1. Características para seleccionar carbón molido

Materia Volátil	30% mínimo
Carbono	50-60%
Cenizas	8% máximo
Humedad	3% máximo

1.6.1.1. Efecto producido en las arenas de moldeo.

Tabla 2. Propiedades del carbón en la arena de moldeo

Resistencia en verde	Aumenta ligeramente
Resistencia en seco	Aumenta considerablemente
Resistencia en caliente	Tiende a disminuirla
Permeabilidad	Disminuye
Dureza del molde	Aumenta
Deformación	Aumenta a alta T.
Refractariedad	Aumenta ligeramente

1.7. EL SISTEMA DE LLENADO DE LOS MOLDES DE ARENA

El Llenado o colada de los moldes se define como la introducción de un volumen conocido de metal o aleación líquida, en un tiempo calculado de antemano con el fin de obtener piezas completas, exentas de inclusiones.

La posición de las mazarotas es un factor que prima en la concepción en el sistema de llenado. Cuando se cuegan piezas de forma geométrica simple como cilindros, se recomienda que el principio de solidificación dirigida rija durante el enfriamiento. Lo anterior se lleva a cabo mediante un llenado relativamente lento, al colar en caída directa a través de pequeños bebederos.

Cuando se cuega un molde, el metal líquido degrada de diferentes grados el material del molde. Cuando este es de arena los mecanismos que intervienen en la degradación son:

- Degradación termomecánica conocida como erosión.
- Degradación física, que origina una penetración mecánica del metal en la arena bajo la acción de la presión metalostática, estática o dinámica, capaz de vencer las fuerzas de capilaridad.
- Degradación térmica que se pone en manifiesto generalmente en el techo del molde.
- Degradación físico química como resultado de una reacción metal molde.

Cuando se usa una arena gruesa, es muy posible la aparición de la degradación física. Si se usa una arena fina, en cambio la aparición de la degradación físico química es muy factible al formarse productos de bajo punto de fusión; en especial si la aleación está oxidada.

Otros factores que intervienen en la degradación del molde son:

- El grado de apisonado de los moldes
- Naturaleza de la aleación que se cuega
- Naturaleza de la arena de moldeo

- Presión metalostática
- Composición de la mezcla y en especial su contenido de agua

Un segundo objetivo de los diseños de colada es el de obtener piezas libres de escoria, arena, inclusiones metálicas y no metálicas, es decir obtener piezas sanas tanto interna como externamente. Para obtener adecuados resultados se deben tener en cuenta los diferentes elementos que constituyen el sistema de colada, estos diseños deberán tener en cuenta los diferentes mecanismos que intervienen en la formación de los defectos originados por un comportamiento no apropiado del flujo. El desprendimiento de la vena del líquido o el golpe del chorro del metal contra las paredes del molde, o la excesiva velocidad originada por una irregularidad del diseño; y en fin, la turbulencia del flujo, ocasionará una degradación del material de los moldes.

2. CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS

En la experimentación del proyecto se considero analizar las materias primas trabajadas en Infusan Ltda., como lo son:

- Arena

Muestra A: obtenida de Lebrija, departamento de Santander.

Muestra B: obtenida de Ruitoque, departamento de Santander.

- Bentonita

Tipo: Sódica Artificial

Origen: Tulúa

- Carbón mineral

Origen: Mina El Triunfo, Zipaquirá

2.1. ARENA BASE

2.1.1. Determinación de Humedad.

Lámpara Infrarroja: Se pesa 50 g de arena, se introduce en el secador de rayos infrarrojos durante 2 a 5 minutos. La diferencia entre el peso de la arena húmeda y el peso de arena seca permite conocer el porcentaje de agua .

Estufado: Se pesa 50 gramos de arena con exactitud, repartirla en un recipiente apropiado (vidrio de reloj). Se introduce la muestra en la estufa que esta a una temperatura comprendida entre 100-110°C., después de dos horas de estufado se efectúa la primera pesada y así sucesivamente en las mismas

condiciones hasta peso constante. Se deja enfriar la muestra en un desecador.

La humedad se calcula por diferencia de pesos.

$$\%Agua = \frac{(P - p)}{P} * 100$$

P: peso de la muestra de arena en gramos

P: peso de la muestra de arena después de estufada en gramos.

2.1.2. Determinación de arcilla AFS.

Se pesan exactamente 50 gramos de arena que ha sido previamente secada a una temperatura 105-110° C en estufa hasta peso constante. La muestra seca se introduce en un vaso que contiene 200 a 250 cm³ de agua con 50 cm³ de solución de fosfato de monosódico, debe agitarse durante 10 minutos, agregar agua, sin interrumpir la agitación hasta una altura de 14.5 cm del fondo del vaso. Se deja decantar durante 10 minutos y enseguida se realiza el transvase por sifón. Se adiciona agua en el vaso hasta la misma altura anterior y se agita durante 30 segundos, se deja decantar durante 8 minutos y se realiza transvase por sifón. Luego la decantación se hará por 5 minutos. Se repite estas operaciones hasta que el líquido aparezca limpio. Se deja reposar y se le retira la mayor cantidad de agua que tenga la arena evitando el arrastre de partículas menores a 0.02 mm. Se lleva la arena a la estufa a temperatura entre 105-110°C hasta peso constante. El contenido de arcilla se calcula por diferencia de pesos.

2.1.3. Determinación de la distribución granulométrica por vía seca

Se toma la arena seca libre de arcilla obtenida en el ensayo de determinación de arcilla, se colocan en los tamices de la serie A.F.S., como lo muestra la tabla

de análisis granulométrico, una vez colocada la serie de tamices, se realiza el proceso de tamizado por 10 minutos. Después de la operación se debe recoger con mucho cuidado la cantidad de arena retenida en cada tamiz, pesarla y realizar el análisis granulométrico.

2.1.4. Índice de fineza.

Este indica una medida del grosor del grano en la arena de moldeo. Entre más grueso el grano más alta la permeabilidad y mayores posibilidades de superficie áspera en las piezas y de penetración de metal. Las arenas finas muestran baja permeabilidad y mejor terminado de piezas.

$$\text{INDICE DE FINEZA AFS} = \frac{\text{Total producto}}{\text{residuo de elementos} > 0.02\text{mm}}$$

2.2. MEZCLA DE ARENA USADA POR INFUSAN LTDA

- La arena fue sometida a un tamiz # 16 que es el utilizado en Infusan Ltda., y seguidamente se llevo al mezclador.

-Mezclado de arena: este procedimiento se efectuó en el Laboratorio de Arenas de la universidad Industrial de Santander y consistió en adicionarle a la arena, previamente tamizada, las cantidades trabajadas en Infusan Ltda., 12% de Bentonita, 6% de carbón y agua que equivale a un 7.58% de humedad, esto se hizo durante un tiempo de mezcla de 10 minutos. Las mezclas se realizaron en un mezclador marca SINTOKOGIO LTD. De 6 Kg. de capacidad. Las mezclas preparadas se hicieron con un peso de arena de 2 Kg.

-Experimentación: se elaboraron aproximadamente 12 probetas para ensayos en verde y 12 para ensayos en seco.

Para la determinación de las propiedades tales como resistencia a la compresión en Verde, corte, permeabilidad, compactibilidad y dureza, se requiere la elaboración de una probeta AFS, que consta de 2" de diámetro y de altura, con tres golpes de apisonado estándar.(Figura 5).

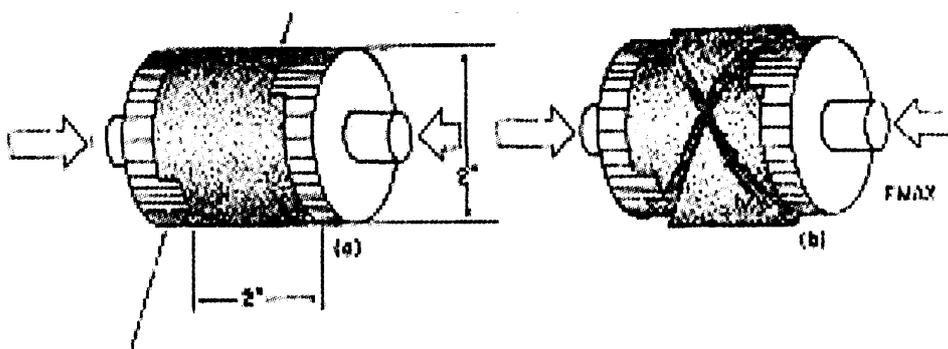


Figura 5. Probeta AFS para la determinación de las propiedades como resistencia a la compresión en Verde, corte, permeabilidad, compactibilidad y dureza. a) Aplicación de esfuerzo. b) Momento de falla. La presión (fuerza dividida por el área del disco) crece sobre las dos caras de la probeta hasta que se da una fisura y el cilindro se resquebraja.

2.2.1. Realización de nuevas mezclas.

Se realizó el mismo procedimiento citado en el numeral 2.2, y conservando el mismo orden, considerando el comportamiento de algunas propiedades de las arenas en verde con variación de algunos parámetros, tales como % de humedad, % de Carbón y % de bentonita, para hacer mezclas nuevas, es decir mezclas que no han sido utilizadas por Infusan Ltda.

Se hicieron ensayos variando solo el % de humedad y el % de bentonita para escoger las mezclas con mejor comportamiento y así variar el % de carbón, para con estos resultados recomendarla a Infusan como apropiadas para la fabricación de piezas. En este trabajo los parámetros a variar fueron la

humedad de 1-5%, Bentonita de 12-5%, dejando constante el % de carbón hasta escoger las posibles mezclas, para luego variarlo entre 3-6%.

- Se realizaron aproximadamente probetas a las cuales se le realizaron ensayos de resistencia a la compresión, corte, dureza y permeabilidad en verde y en seco y compactabilidad.

2.3. BENTONITA

2.3.1. Determinación de arcilla activa por Azul de Metileno

Este método da la posibilidad de realizar rápidamente y exactamente la determinación de la arcilla viva en sistemas que emplean bentonita sódica o cálcica, o una combinación de las dos.

Se tomó 0.5 gramos de bentonita nacional la cual fue secada previamente por una hora en la estufa, luego la muestra fue introducida en un Erlenmeyer el cual contenía 50 ml. de agua destilada, para luego por medio de un agitador magnético ser mezclada, después de 15 minutos se agregó 2 ml de ácido sulfúrico y se siguió agitando por 1 minuto más. Por medio de una bureta se adicionó azul de metileno en cantidades de 1 ml, agitando por 30 segundos; al finalizar la agitación se tomaron muestras por medio de una varilla de agitación, dejando caer una gota en un papel de filtro, hasta obtener un alo azul verdoso que debe permanecer por dos minutos, luego se va a la gráfica calibrada y se obtiene el porcentaje de arcilla activa.

2.4. CARBON

2.4.1. Determinación de humedad.

El contenido de humedad generalmente se determina por la pérdida en peso después del secado de la muestra de carbón en una estufa, manejando temperaturas de 100 a 110°C durante 60 minutos, esto según la norma ASTM 3173-73. El cálculo de porcentaje de humedad se puede realizar mediante la siguiente expresión:

$$M_1 = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} * 100$$

m_1 = peso del crisol vacío con su tapa, en gramos

m_2 = Peso del crisol con carbón (y tapa) antes del secado, en gramos

m_3 = Peso del crisol con carbón (y tapa) después del secado, en gramos

M_1 = Porcentaje de Humedad.

2.4.2. Materias volátiles.

Se determinó calentando una muestra de carbón a una temperatura de 950°C empleando un crisol, durante un tiempo de 7 minutos, con base en la norma ASTM D 3175. La expresión que se utilizó para determinar el porcentaje de materia volátil fue:

$$\%MV = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} * 100 - M_1$$

donde

m_1 = peso del crisol vacío con su tapa, en gramos

m_2 = Peso del crisol con la muestra (y tapa) antes del calentamiento en gramos

m_3 = Peso del crisol con la muestra (y tapa) después del calentamiento en gramos

%MV = Porcentaje de materia volátil.

2.4.3. Determinación de cenizas.

Para este ensayo se incinera la muestra de carbón hasta obtener un peso constante, manejando una temperatura de aproximadamente 750°C durante 60 minutos y se basa en la norma ASTM D 3174-73. Fue determinado por la siguiente expresión:

$$A = \frac{(m_2 - m_3)}{m_2} * 100$$

m_1 = peso del crisol vacío con su tapa, en gramos

m_2 = Peso del crisol con la muestra (y tapa), en gramos

m_3 = Peso del crisol con ceniza (y tapa), en gramos

A = Porcentaje de cenizas.

2.4.4. Determinación del carbono fijo.

Se calcula conociendo los parámetros anteriores (% Humedad, % Cenizas, % Materia Volátil). Y se utiliza la siguiente expresión:

$$\%CF = 100 - (M_1 + A + \%MV)$$

%CF = 100 - (1.26% + 3.65% + 34.288%)

2.4.5. Índice de hinchamiento.

Este ensayo consiste en calentar a 820°C la muestra de carbón durante 3 minutos, obteniéndose un botón de coque, el cual se clasifica con un número

de 0 a 9, mediante una serie de perfiles patrones. La norma que rige este ensayo es la ASTM 720-67.

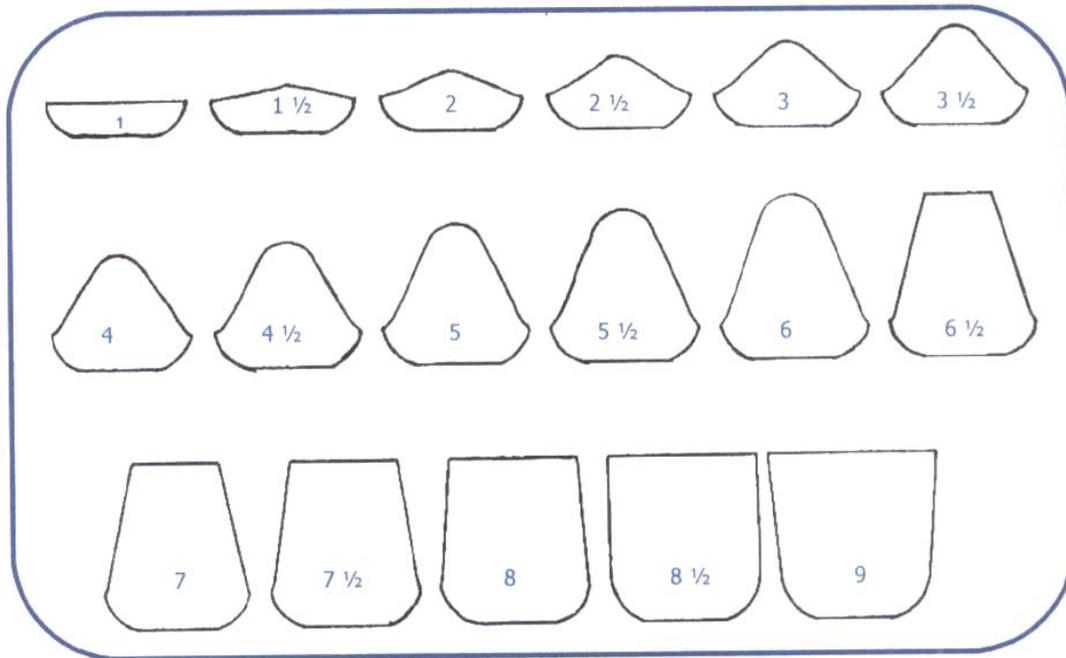


Figura 6. Perfiles estándar con los correspondientes índices de hinchamiento

3. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION DE MATERIAS PRIMAS

A continuación se presentan los respectivos resultados obtenidos de los ensayos descritos en el capítulo anterior.

3.1. ARENA BASE

3.1.1. Muestra A: Origen Lebrija.

Tabla 3. Resultados de la muestra A.

Humedad infrarroja	6.1%
% Arcilla AFS	13%
Índice de fineza	72.67 GFN

Tabla 4. Análisis granulométrico de la muestra A.

TAMIZ A.F.S	MULTIPLICADOR	PESO GRAMOS	%RETENIDO	%ACUMULADO	PRODUCTO
6	3	0	0	0	0
12	5	0,03	0,14	0,14	0,7
20	10	0,01	0,02	0,16	0,2
30	20	3,29	6,58	6,74	131,6
40	30	0,27	0,54	7,28	16,2
50	40	9,48	18,95	26,23	758
70	50	16,93	33,84	60,07	1692
100	70	6,24	12,47	72,54	872,9
140	100	3,62	7,24	79,78	724
200	140	0,15	0,3	80,08	42
270	200	0,07	0,14	80,22	28
Bandeja	300	3,44	6,88	87,1	2064
TOTAL		43,53	87,1		6329,6

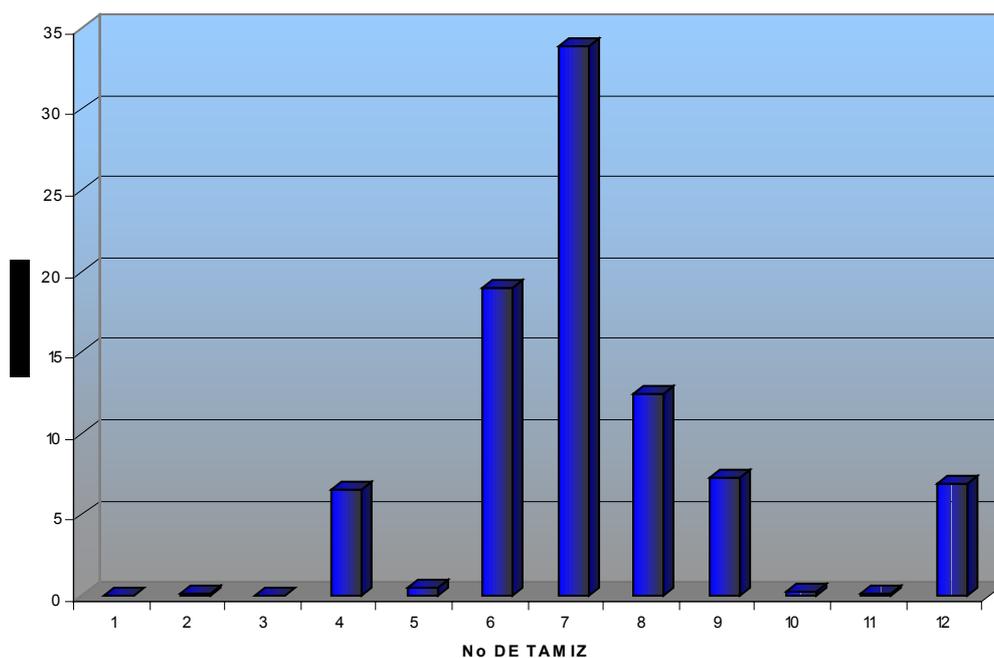


Figura 7. Análisis granulométrico arena base, muestra A

3.1.1.1. Arena mezclada

Tabla 5. Ensayos en verde de la arena muestra A

Ensayos en Verde	12% de Bentonita, 6% de Carbón 7.6% H2O
Compresión máx.	14.525 Psi
Corte máx.	2.725 Psi
Permeabilidad máx.	15.125 AFS
Dureza escala B máx.	51.25 AFS

Tabla 6. Ensayos en Seco de la arena muestra A

Ensayos en Seco	12% de Bentonita, 6% de Carbón 7.6% H2O
Compresión máx.	2.61 psi
Corte máx.	0.1 psi
Permeabilidad máx.	5 AFS
Dureza máx.	25 AFS

3.1.1.2. Arena reutilizada

Tabla 7. Ensayos en Verde de la arena regenerada

Ensayos en Verde	12% de Bentonita, 6% de Carbón 7.6% H2O
Compresión máx.	18.67 psi
Corte máx.	6.35 psi
Permeabilidad máx.	12 AFS
Dureza escala B máx.	81.5 AFS

3.1.2. Muestra B: Origen: Ruitoque

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la arena de origen Lebrija y trabajada en Infusan Ltda., la empresa tomo la decisión de caracterizar una nueva arena traída de Ruitoque, y así comparar los resultados.

Con base a la norma AFS, para el muestreo respectivo, se realizó la preparación de la arena de moldeo, tal como es preparada por Infusan Ltda.

Tabla 8. Resultados de arena muestra B

Humedad infrarroja	0.1%
Humedad (estufa)	0.1%
% Arcilla AFS	2.9%
Índice de fineza	72.61 GFN

Tabla 9. Análisis granulométrico de la arena muestra B

TAMIZ A.F.S	MULTIPLICADOR	PESO GRAMOS	%RETENIDO	%ACUMULADO	PRODUCTO
6	3	0	0	0	0
12	5	0,01	0,02	0,02	0,1
20	10	0,38	0,76	0,78	7,6
30	20	0,33	0,66	1,44	13,2
40	30	1,81	3,62	5,06	108,6
50	40	10,69	21,38	26,44	855,2
70	50	11,96	23,92	50,36	1196
100	70	12,39	24,78	75,14	1734,6
140	100	5,44	10,88	86,02	1088
200	140	3,37	6,74	92,76	943,6
270	200	1,04	2,08	94,84	416
-270	300	1,15	2,3	97,14	690
TOTAL		48,57	97,14		7052,9

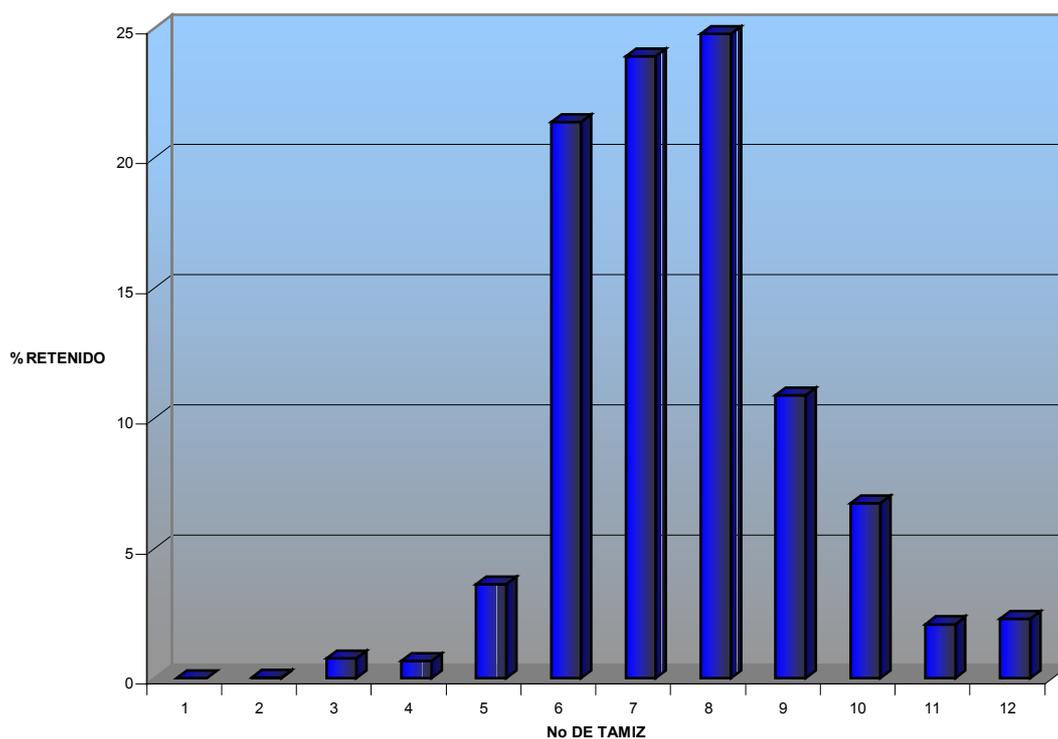


Figura 8. Análisis granulométrico arena base, muestra B

3.2. MEZCLA DE ARENA UTILIZADA EN INFUSAN LTDA.

Tabla 10. Ensayos en Verde de la arena muestra B, tiempo de mezcla 10 minutos

Ensayos en Verde	12% de Bentonita, 6% de Carbón 7.6% H2O
Compresión máx.	15.5 Psi
Corte máx.	4.8 Psi
Permeabilidad máx.	54 AFS
Dureza escala B máx.	81 AFS
Compactabilidad	52%

Tabla 11. Ensayos en Seco de la arena muestra B, tiempo de mezcla 10 minutos

Ensayos en Seco	12% de Bentonita, 6% de Carbón y 7.6% de humedad
Compresión	No rompe
Corte	No rompe
Permeabilidad AFS	Muy permeable
Dureza AFS	93
compactabilidad	52%

3.3. BENTONITA

% DE ARCILLA ACTIVA = 89%, que equivalen a 27.22ml de azul de metileno.

3.4. CARBON

Tabla 12. Resultados obtenidos del polvo de carbón usado por Infusan Ltda.

Humedad	1.26%
Materia volátil	34.288%
% de Cenizas	3.65%
% de Carbono fijo	60.8%
Índice de hinchamiento	3

Tabla 13. Análisis granulométrico del polvo de carbón

# TAMIZ	PESO RETENIDO GRAMOS	%RETENIDO	%ACUMULADO
1,25mm	0,35	0,78	0,78
800µm	5,11	11,34	12,12
500µm	1,37	3,04	15,16
315µm	6,27	13,91	29,07
200µm	5,22	11,58	40,65
160µm	3,85	8,54	49,19
125µm	1,89	4,19	53,38
80µm	1,19	2,64	56,02
56µm	4,37	9,69	65,71
Bandeja	15,46	34,29	100
TOTAL	45,08	100	

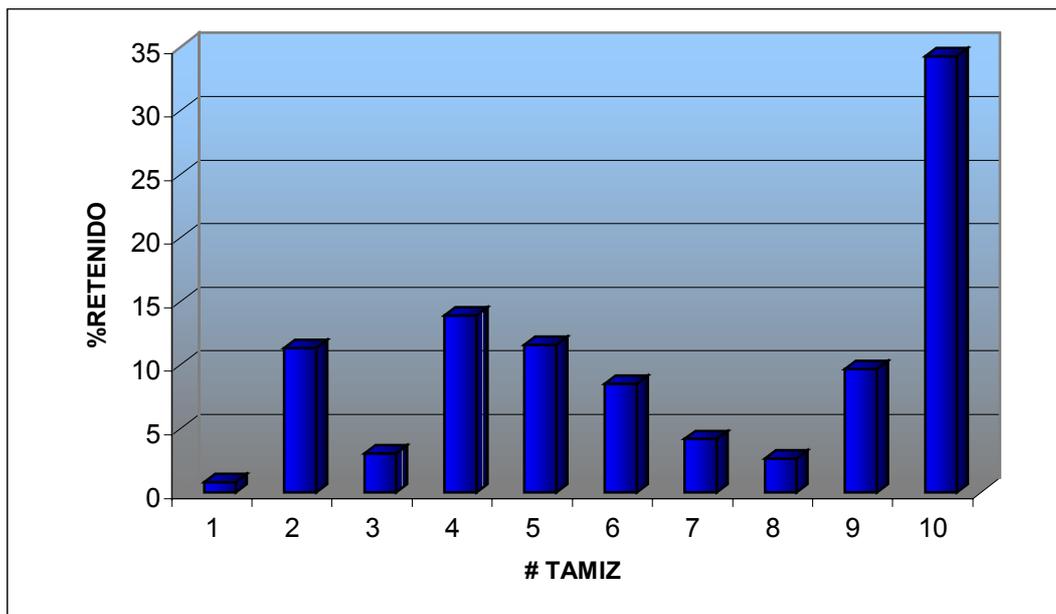


Figura 9. Análisis granulométrico del polvo de carbón

3.5. REALIZACIÓN DE NUEVAS MEZCLAS.

Tabla 14. Composición de las mezclas de arenas analizadas

Mezcla de arena #	Composición de la mezcla de arena de moldeo		
	%Bentonita	% carbón	% Agua
1	12	6	1.6 - 5
2	11	6	1.6 - 3
3	10	6	2 - 5
4	9	6	2 - 4.5
5	8	6	2 - 4.5
6	7	6	2 - 5
7	6	6	1.6 - 3
8	5	6	1.3 - 3

Tabla 15. Ensayos en Verde para mezclas de arena # 1.

Ensayos en Verde	12% de Bentonita y 6% de Carbón			
	2% H ₂ O	2.5 % H ₂ O	4% H ₂ O	5% H ₂ O
Compresión (Psi)	17.1	17.5	18.6	16.8
Corte (Psi)	4	4.4	4.5	3.9
Permeabilidad AFS	40	44	55	55
Dureza	71	81	89	90

Debido a que este porcentaje es muy alto no se realizaron los ensayos para varios porcentajes de humedad y se descarta aunque la resistencia a la compresión en verde sea alta, debido a que se busca disminuir los costos en insumos y 12% de bentonita es muy alto.

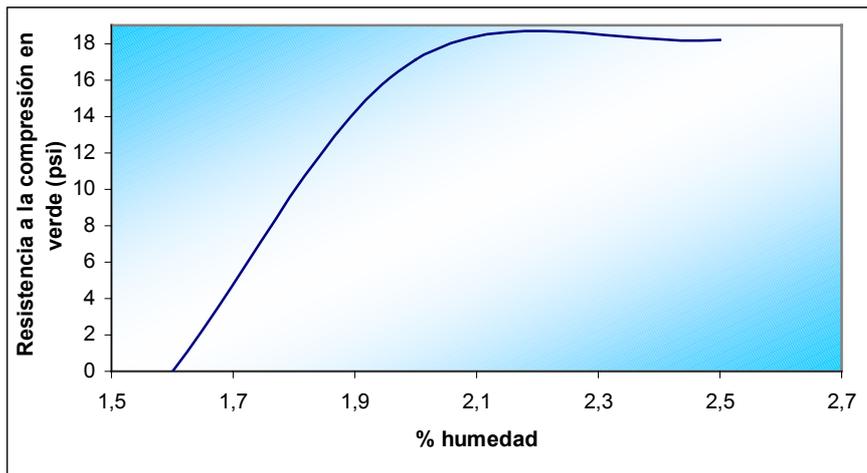


Figura 10. RCV vs. Humedad para Mezcla #1 con 3 minutos de mezcla.

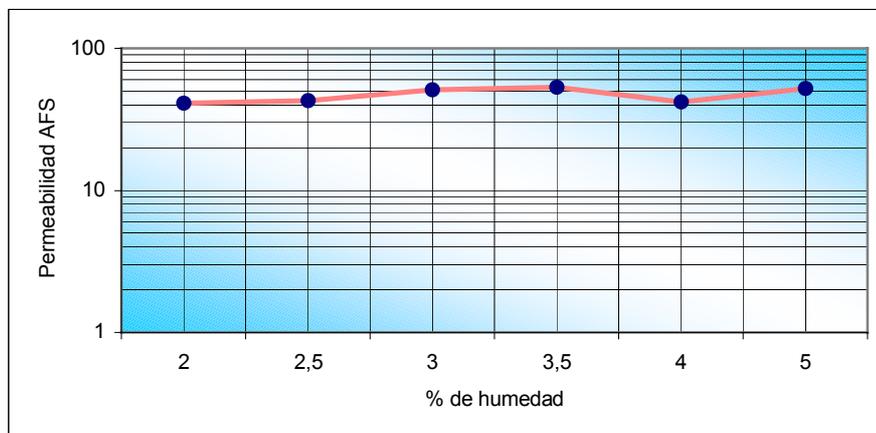


Figura 11. Permeabilidad vs. Humedad para mezcla de arena # 1 con 3 minutos de mezcla

Tabla 16. Ensayos en Verde para mezcla de arena #2.

Ensayos en Verde	11% de Bentonita y 6% de Carbón			
	1.6% H ₂ O	2% H ₂ O	2.5 % H ₂ O	3 % H ₂ O
Compresión psi	11.5	14.7	17.8	11.2
Corte psi	3.5	3.7	4.3	3.1
Permeabilidad AFS	30	32	33.5	28
Dureza escala B	62	76	87	61

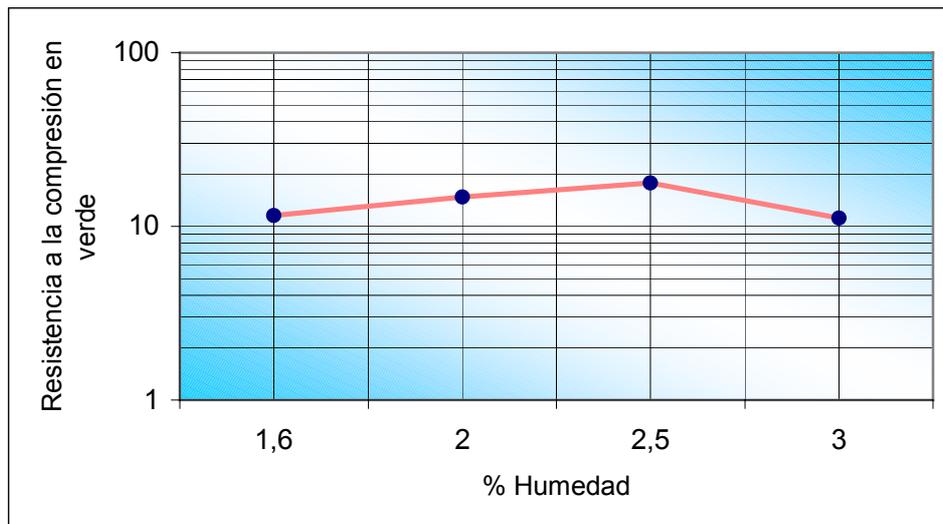


Figura 12. RCV. vs Humedad para Mezcla de arena # 2 con 3 minutos de mezcla.

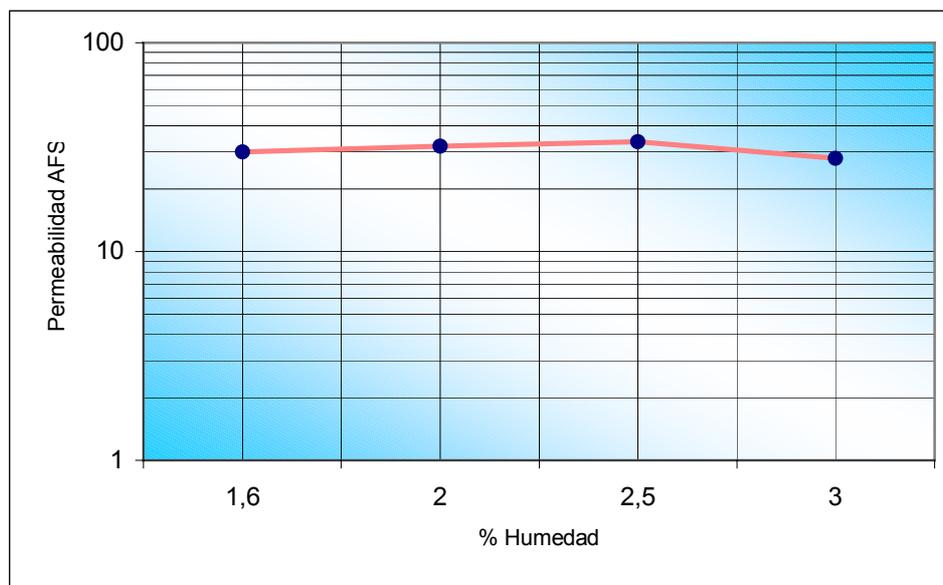


Figura13. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla # 2 con 3 minutos de mezcla.

Tabla 17. Ensayos en Verde para mezcla de arena #3.

Ensayos en Verde	10% de Bentonita y 6% de Carbón					
	2% H ₂ O	2.5% H ₂ O	3% H ₂ O	3.5% H ₂ O	4% H ₂ O	5% H ₂ O
Compresión psi	14.4	14.4	15.7	16.6	18.2	14.9
Corte psi	3.5	3.6	4.1	5	4.1	4.1
Permeabilidad AFS	41	43	51	53	42	52
Dureza escala B AFS	75	79	81	84	86	85

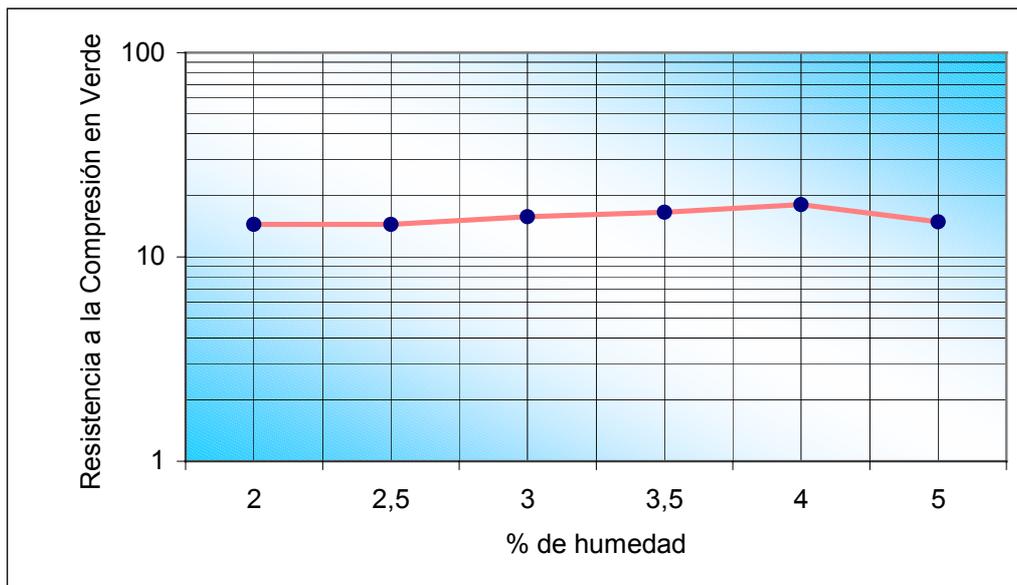


Figura 14. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 3 con 3 minutos de mezcla.

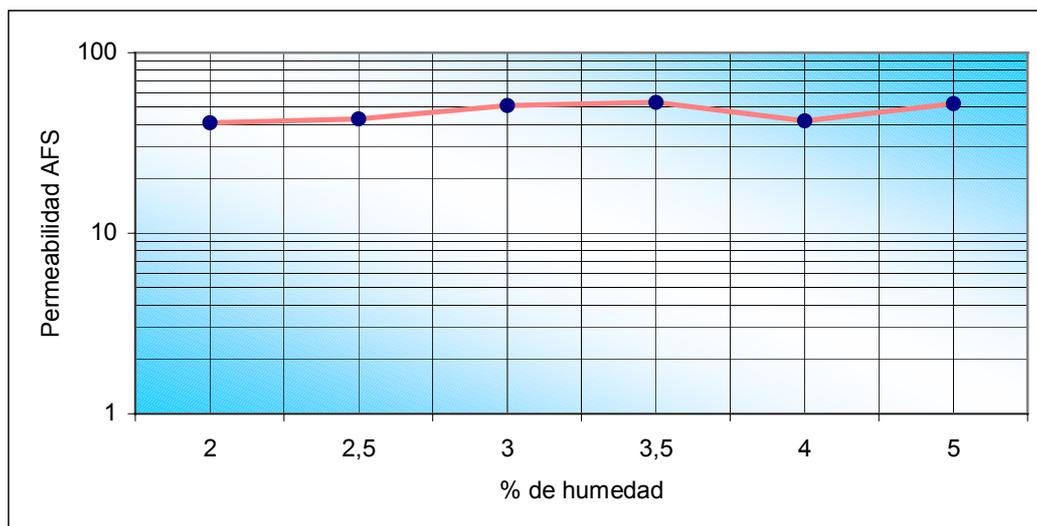


Figura 15. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 3 con 3 minutos de mezcla.

Tabla 18. Ensayos en Seco para mezcla de arena #3.

Ensayos en Seco	10% de Bentonita, 6% de Carbón y 5% de humedad
Compresión	77.3 psi
Corte	13.3 psi
Permeabilidad	59 AFS
Dureza	53 AFS

La mezcla del 10% de bentonita, 6% de Carbón y 5% de humedad se puede recomendar a Infusan Ltda. como arena de moldeo para piezas grandes, debido a que tiene buena permeabilidad y moderada cohesión, es decir un valor moderado de la resistencia a la compresión en verde, además de tener un porcentaje de compactabilidad de 40%, apenas aceptable.

Tabla 19. Ensayos en Verde para mezcla de arena #4.

Ensayos en Verde	9% de Bentonita y 6% de Carbón				
	2% H ₂ O	3% H ₂ O	3.5 % H ₂ O	4% H ₂ O	4.5% H ₂ O
Compresión	11.4	12.8	13.1	14	13.4
Corte	2.3	2.5	2.6	3.3	3.6
Permeabilidad	41	41	42	56	53
Dureza	65	72	74	82	84

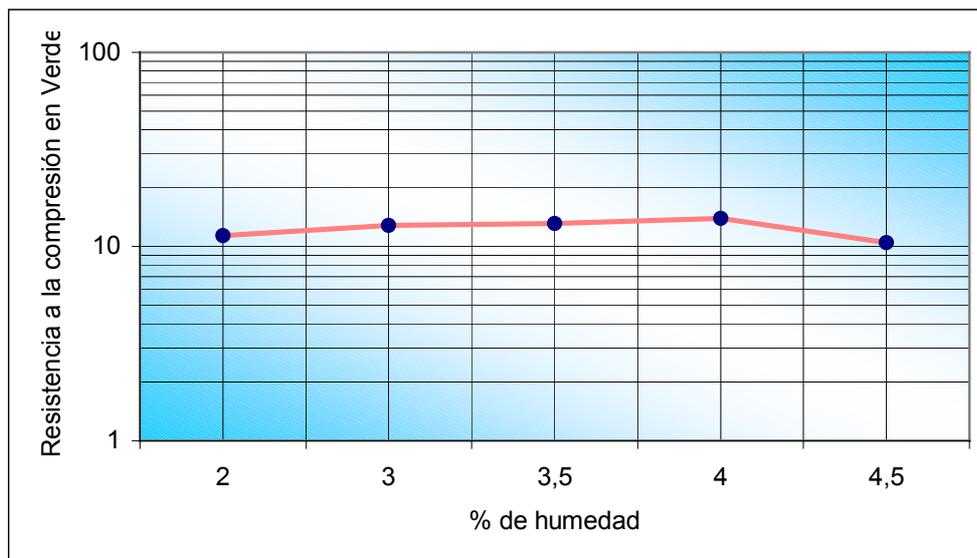


Figura 16. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 4 con 3 minutos de mezcla.

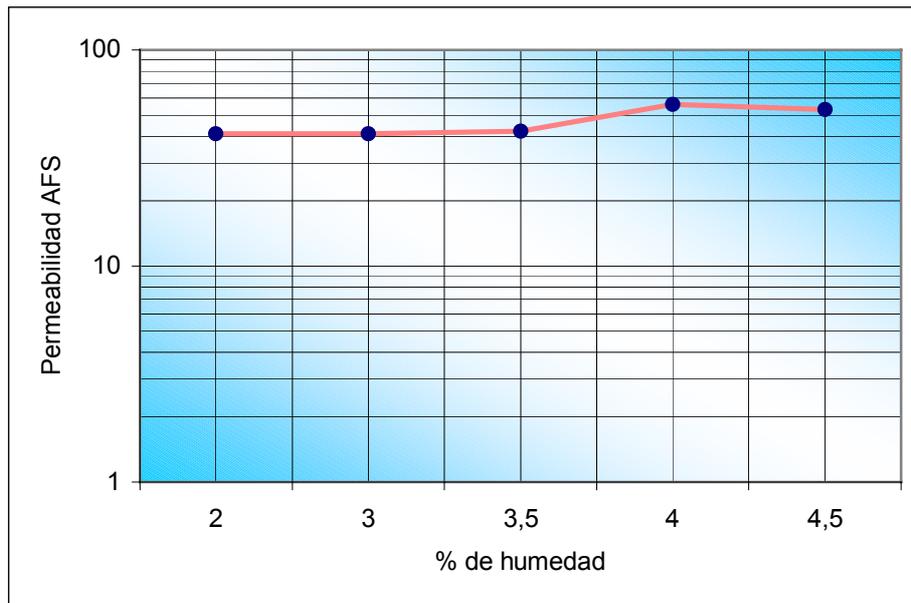


Figura 17. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena #4 con 3 minutos de mezcla.

Tabla 20. Ensayos en Verde para mezcla de arena #5.

Ensayos en Verde	8% de Bentonita y 6% de Carbón				
	2% H ₂ O	3% H ₂ O	3.5 % H ₂ O	4% H ₂ O	4.5% H ₂ O
Compresión	10.5	11.5	12.4	16.6	14.3
Corte	2.2	2.5	2.9	3.8	3.4
Permeabilidad	43	44	48	48	51
Dureza	72	79	81	87	84

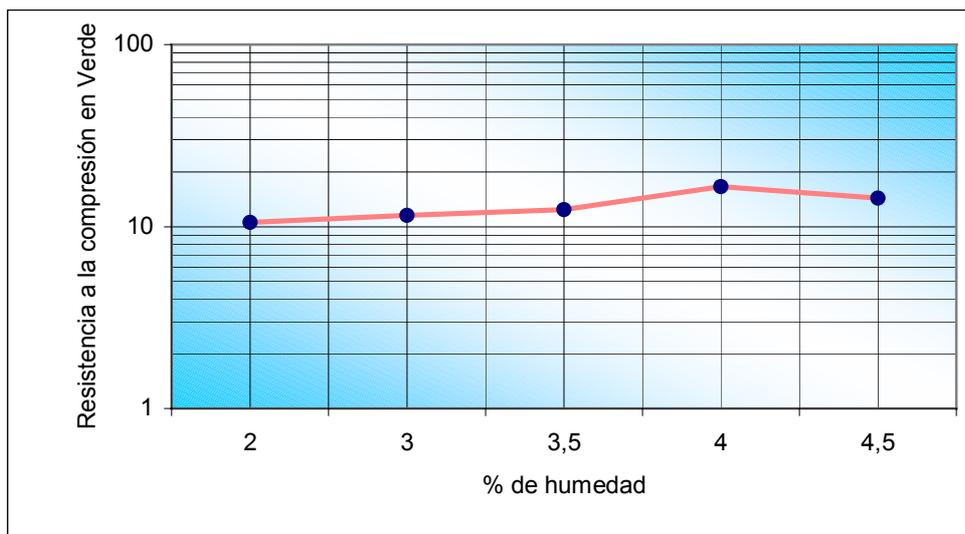


Figura 18. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 5 con 3 minutos de mezcla.

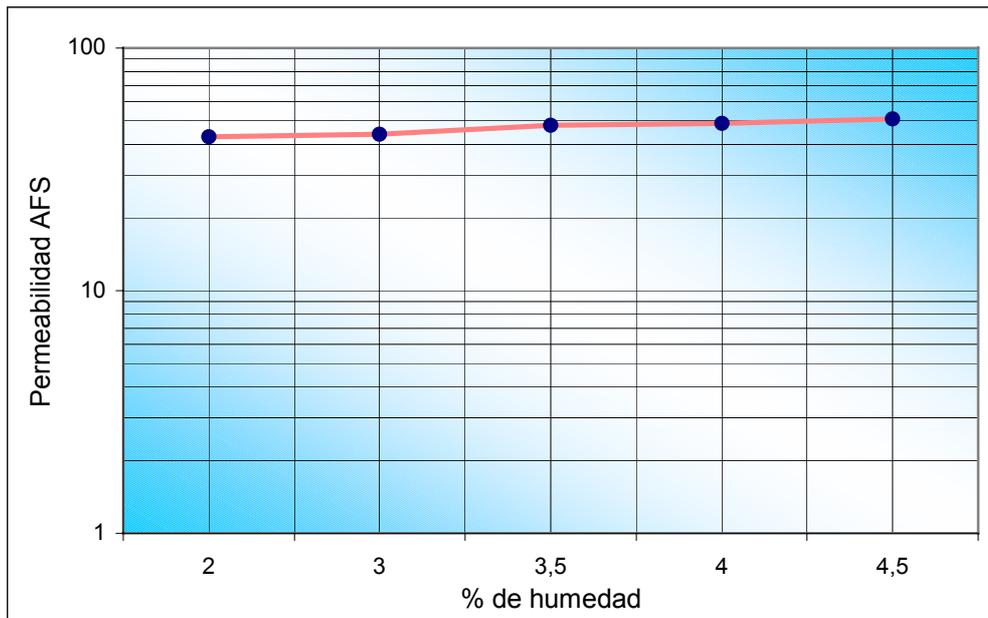


Figura19. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 5 con 3 minutos de mezcla.

Tabla 21. Ensayos en Verde para mezcla de arena #6.

Ensayos en Verde	7% de Bentonita y 6% de Carbón					
	2% H ₂ O	2.5% H ₂ O	3 % H ₂ O	3.5% H ₂ O	4% H ₂ O	5% H ₂ O
Compresión	8.3	11.9	11.5	11.8	11.6	11.8
Corte	2.1	3	2.6	2.6	2.7	3.1
Permeabilidad	40	41	42	48	55	55
Dureza	69	72	74	79	81	81

Tabla 22. Ensayos en Seco para mezcla de arena #6.

Ensayos en Seco	7% de Bentonita, 6% de Carbón y 5% de humedad
Compresión	66.8 psi
Corte	18.3 psi
Permeabilidad	55 AFS
Dureza	53 AFS

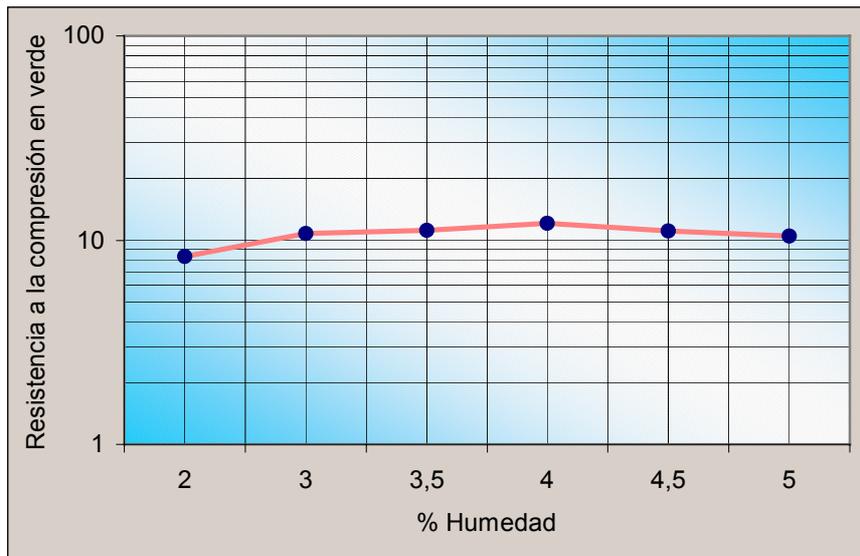


Figura 20. RCV. vs Humedad para 3 minutos de mezcla. Mezcla de arena # 6.

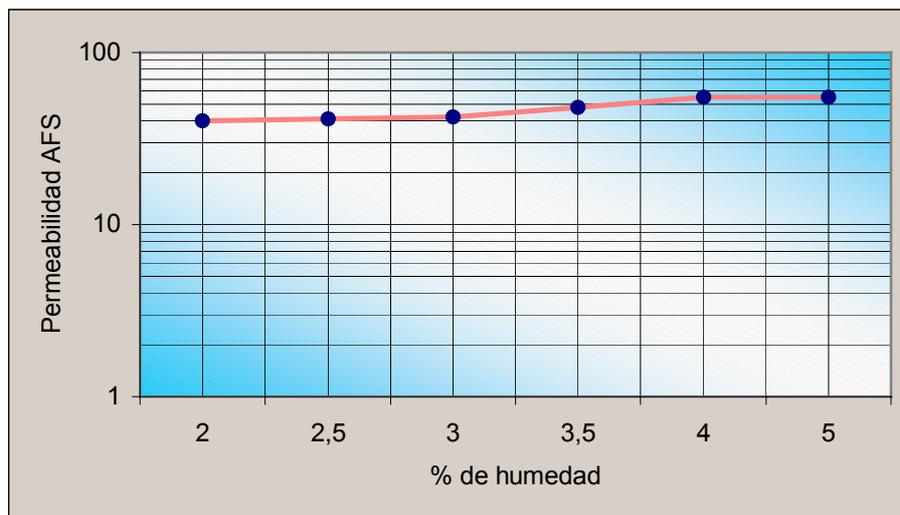


Figura 21. Permeabilidad. vs Humedad para 3 minutos de mezcla. Mezcla de arena # 6.

Como podemos ver en la gráfica y en los resultados obtenidos, la mezcla de 7% de bentonita, 6% de carbón y 4% de humedad, se puede recomendar a Infusan Ltda. especialmente para piezas delgadas las cuales no requieren mucho aglomerante en la arena, además de tener buena resistencia a la compresión en verde y alta permeabilidad, además haciéndole el ensayo de compactabilidad se obtiene 40%.

Tabla 23. Ensayos en verde para mezcla de arena #7.

Ensayos en Verde	6% de Bentonita y 6% de Carbón					
	1% H ₂ O	1.3% H ₂ O	1.6% H ₂ O	2% H ₂ O	2.5% H ₂ O	3% H ₂ O
Compresión	--	--	6.7	10.4	12.4	12
Corte	--	--	1.4	1.7	1.8	2.3
Permeabilidad	--	--	23	26	28	30
Dureza	--	--	55	60	61	62

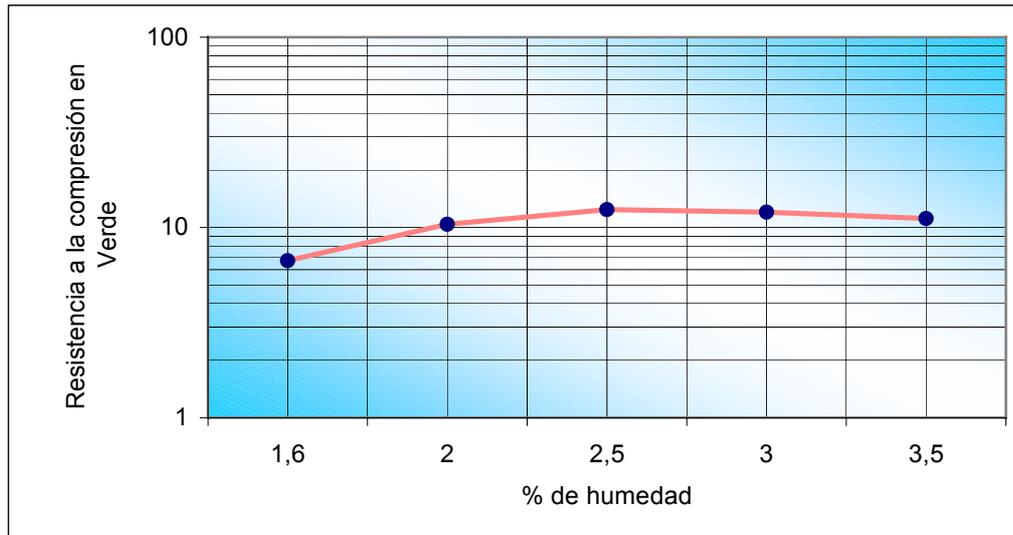


Figura 22 RCV vs. Humedad para 3 minutos de mezcla. Mezcla de arena # 7.

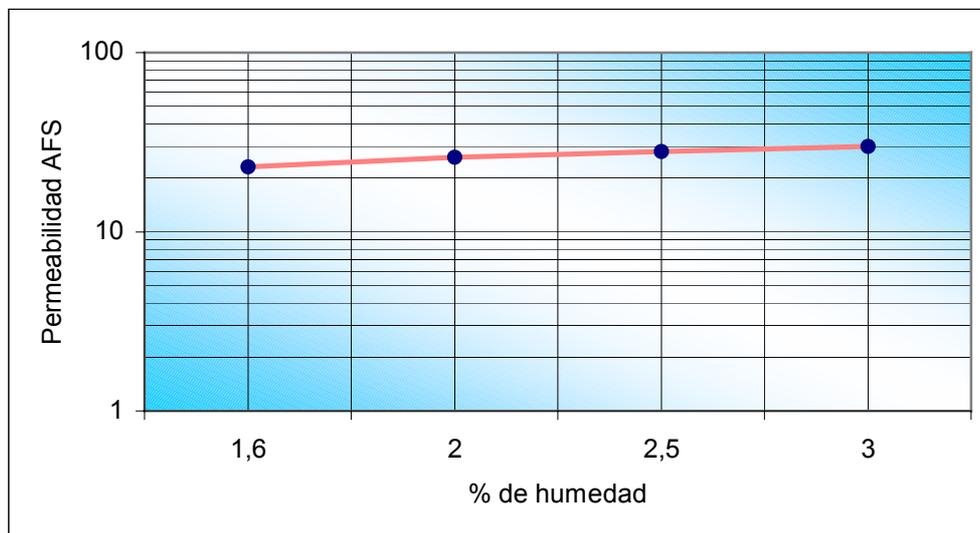


Figura 23. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 7 con 3 minutos de mezcla.

Debido a que esta mezcla da valores muy bajos de los ensayos realizados, se descarta como mezcla para arena de moldeo.

Tabla 24. Ensayos en verde para mezcla de arena # 8

Ensayos en Verde	5% de Bentonita y 6% de Carbón				
	1.3% H ₂ O	1.6% H ₂ O	2% H ₂ O	2.5% H ₂ O	3% H ₂ O
Compresión	5.3	7.5	9.0	10.2	9.3
Corte	2	2.1	2.3	2.5	2.2
Permeabilidad	39	41	42	45	47
Dureza	48	49	51	57	57

Debido a que esta mezcla da valores muy bajos de los ensayos realizados, se descarta como mezcla para arena de moldeo, además la cohesión de la arena es baja.

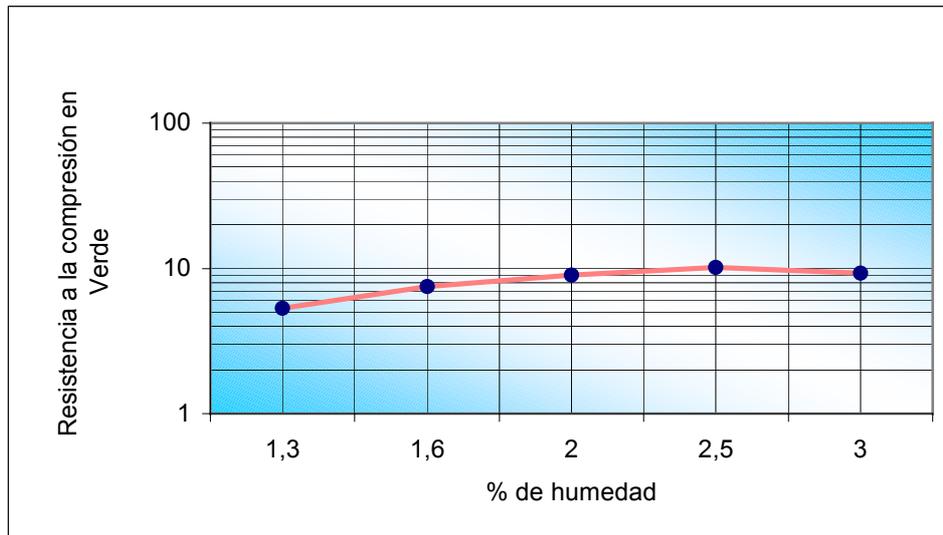


Figura 24. RCV vs. Humedad para Mezcla de arena # 8 con 3 minutos de mezcla.

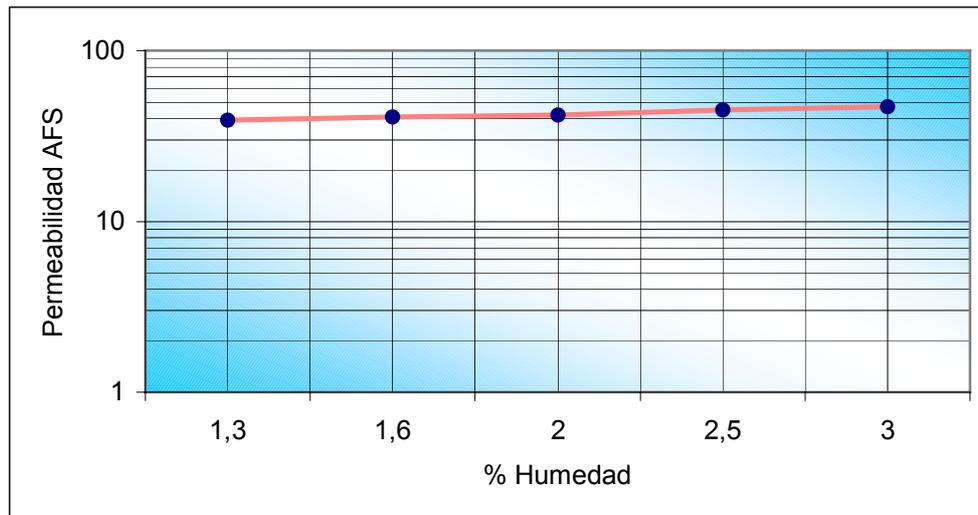


Figura 25. Permeabilidad vs. Humedad para Mezcla de arena # 8 con 3 minutos de mezcla.

El mejor comportamiento lo muestran las mezclas del 10% de Bentonita, 6% de carbón, 4% de humedad y 7% de bentonita, 6% de carbón y 4% de humedad, se quiere mirar el comportamiento de estas mezclas al disminuir el porcentaje de carbón como sigue:

Tabla 25. Ensayos en Verde para mezcla de arena # 10 y 11.

Ensayos en Verde	10% de Bentonita, 3% de Carbón y 4% de humedad
Compresión	13.3
Corte	3.5
Permeabilidad	66
Dureza	83
compactabilidad	48%
Ensayos en Verde	10% de Bentonita, 4% de Carbón y 4% de humedad
Compresión	12.4
Corte	3.7
Permeabilidad	67
Dureza	80
compactabilidad	48%

Tabla 26. Ensayos en Verde para mezcla de arena # 13 y 14.

Ensayos en Verde	7% de Bentonita, 3% de Carbón y 4% de humedad
Compresión	12.4
Corte	2.9
Permeabilidad	62
Dureza	83
compactabilidad	48%
Ensayos en Verde	7% de Bentonita, 4% de Carbón y 4% de humedad
Compresión	9
Corte	2.7
Permeabilidad	61
Dureza	74
compactabilidad	48%

Tabla 27. Las mezclas seleccionadas para la experimentación en Infusan

Mezcla seleccionada	Composición		
	% Bentonita	% Carbón	% Agua
A	7	6	4
B	7	5	4
C	7	4	4
D	7	3	4
E	10	6	4
F	10	5	4
G	10	4	4
H	10	3	4
J	12	6	4

3.5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO DE LOS MOLDES DE ARENA

Al realizar esta parte del proyecto en Infusan Ltda., se noto que en esta empresa se presentaban piezas con rechupes, incompletas con rugosidades y el principal problema, arena pegada en la pieza, sin embargo, este defecto se debía principalmente a las mezclas de arena usadas allí, lo que nos llevó a evaluar el sistema de llenado de tres piezas, las más solicitadas por el acreedor

de piezas en fundición gris, con las siguientes características: una tee de 3*2 con un espesor de 10mm. en el diámetro de 6 y en el de 4cm tiene un espesor de 7.2mm, en fundición gris, con un peso aproximado de 6 kg ; una tapa aro rectangular cuyo espesor es de 20.8 mm, en fundición atruchada, con un peso aproximado de 3.075 Kg y una tapa redonda tipo peatonal con un espesor de 10.53mm, en fundición atruchada, con un peso aproximado de 28 kg; con una composición de la fundición de %C 3.2; %Si 1.84; %S 0.06 ,%Mn 0.44.

Dentro de las variables de fabricación tenemos mayor producción, el moldeo manual, con arena aglomerada y una temperatura de colada de 1450-1480 °C.

Los controles se enfocaran en la sanidad externa de la pieza, los cuales se harán con el método de Inspección visual, y en la evaluación del sistema de llenado, que se hizo en base a las siguientes relaciones:

$$\frac{S_b}{S_b} > \frac{S_c}{S_b} > \frac{S_a}{S_b}$$

$$\frac{S_b}{S_b} < \frac{S_c}{S_b} < \frac{S_a}{S_b}$$

La relación $\frac{S_b}{S_c}$ indica si el flujo en los ataques se encuentra en equilibrio o no.

Con las cuales se pretende determinar si el sistema es convergente o divergente.

Los sistemas de alimentación y llenado de las piezas escogidas para la evaluación, se muestran en las figuras y fotografías que a continuación se presentan con las dimensiones utilizadas por Infusan para vaciar el metal en los moldes de arena.

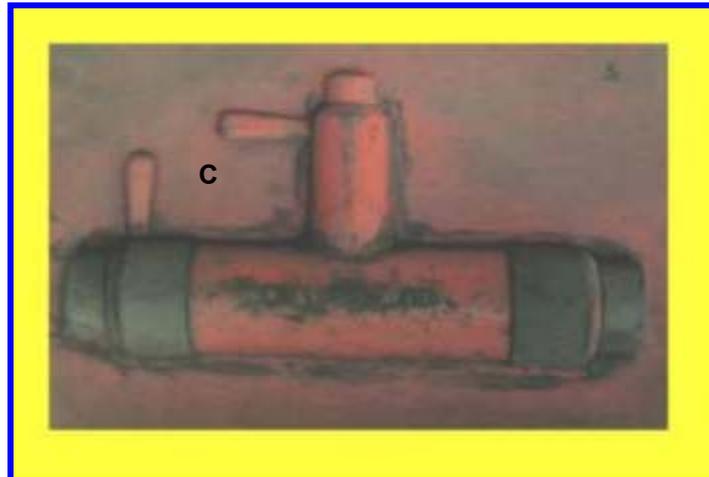


FOTO 1. PLACA MODELO PARA LA TEE DE 3 * 2

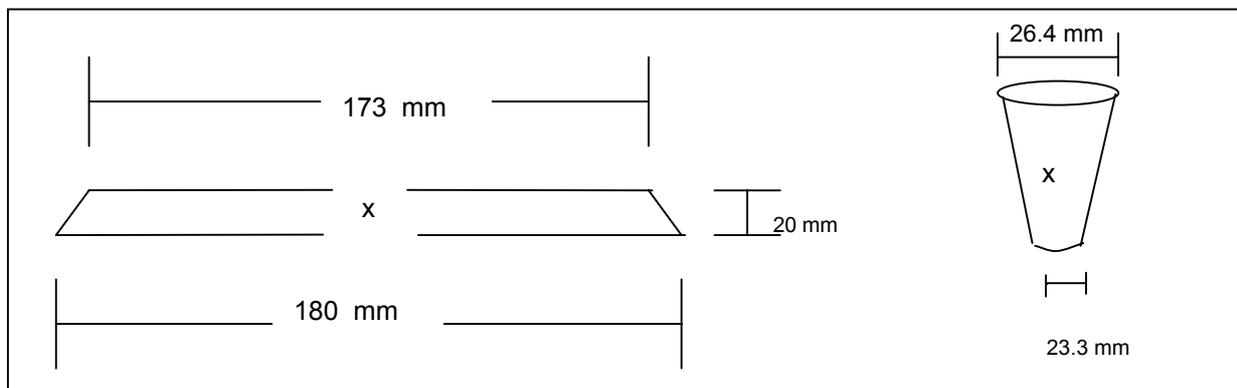


Figura 26. Dimensiones de la unión entre los canales de alimentación para una Tee de 3 * 2

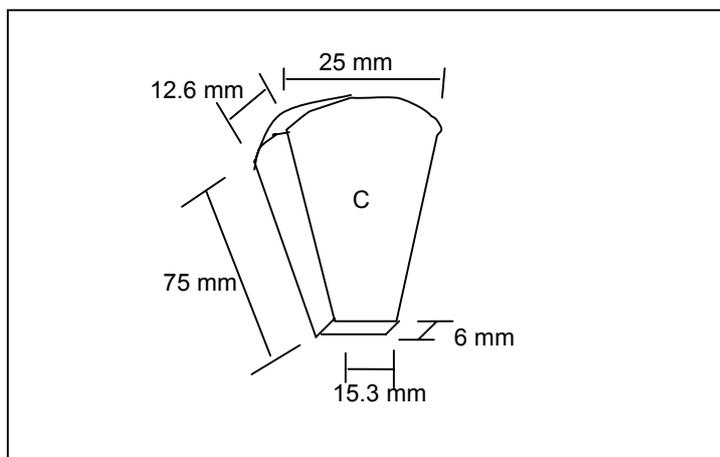
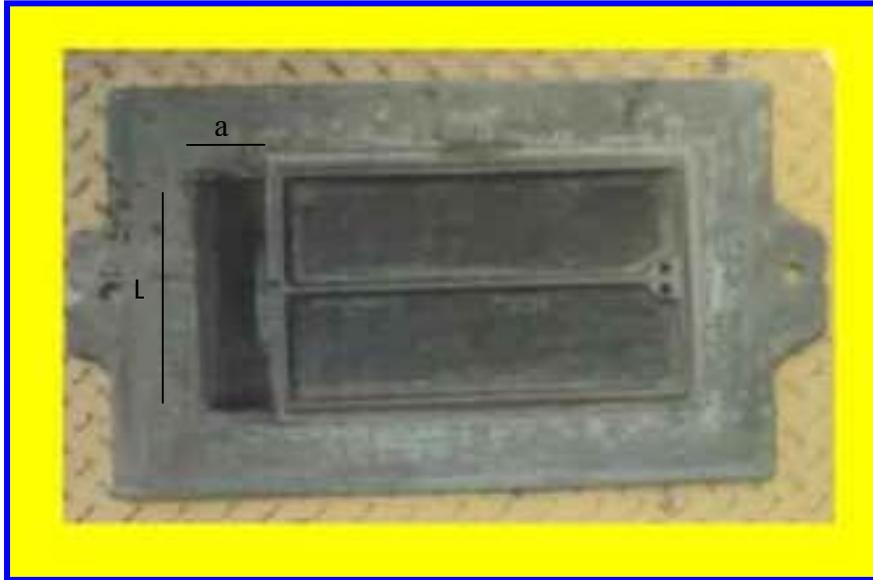


Figura 27. Dimensiones del canal de alimentación de la Tee de 3 * 2



Fotografía 2. Placa modelo para una tapa rectangular

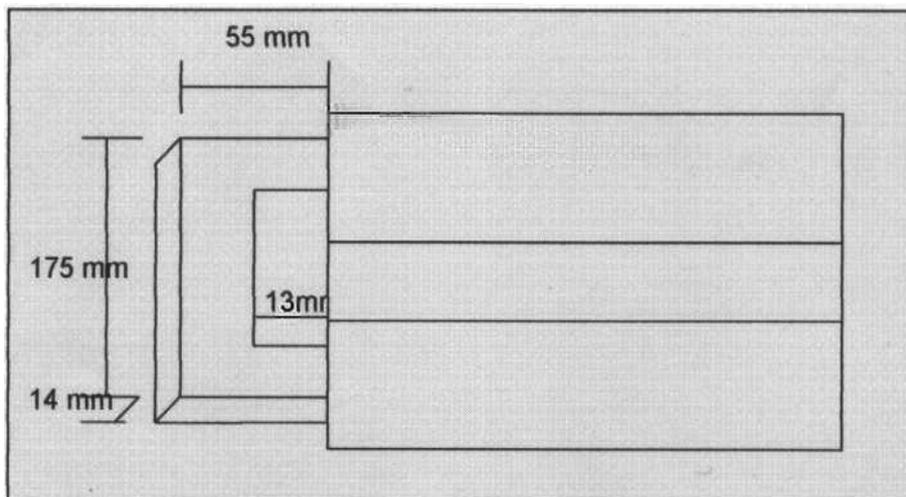
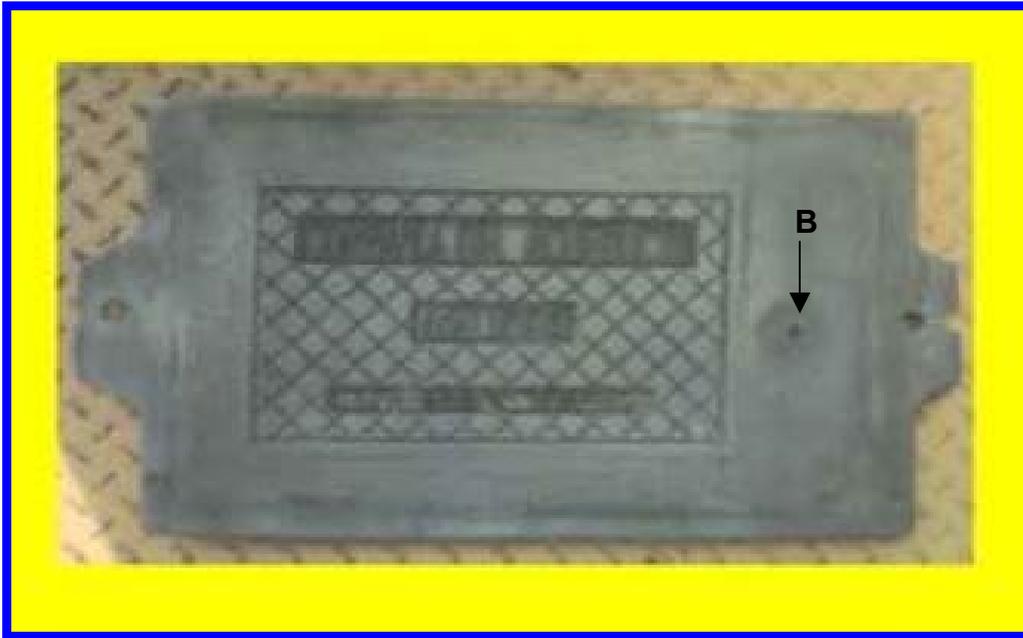
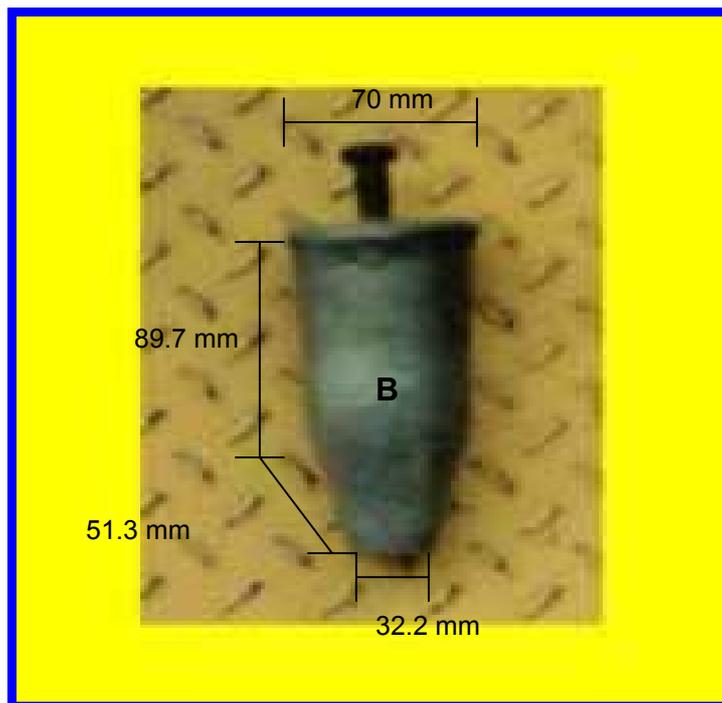


Figura 28. Dimensiones del canal de alimentación de la tapa rectangular por la parte inferior.



Fotografía 3. Placa modelo para una tapa rectangular parte superior



Fotografía 4. Dimensiones del Bebedero utilizado en el molde de la Tee de 3*2 y en la tapa rectangular



Fotografía 5. Dimensiones del Bebedero usado para la tapa peatonal.

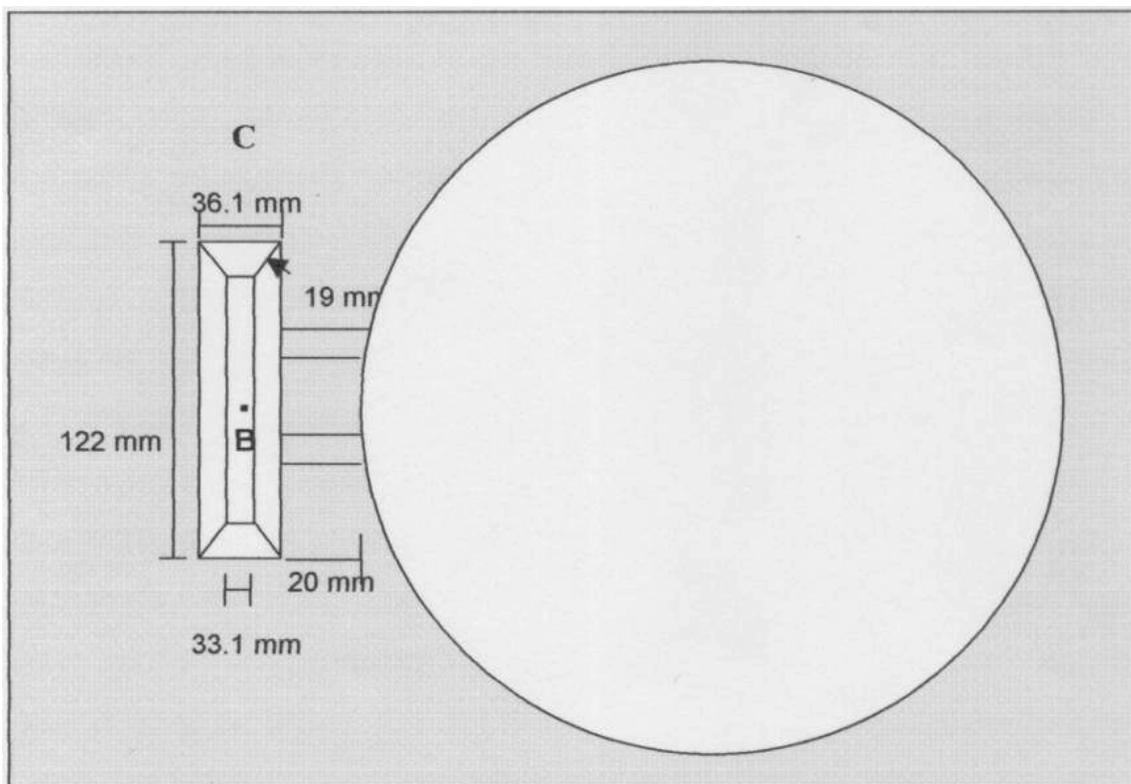


Figura 29. Dimensiones del canal de alimentación de la tapa peatonal.

Para las piezas trabajadas en Infusan para la experimentación se obtuvo lo siguiente:

- Tee 3*2: $S_b = 8.13 \text{ cm}^2$; $S_c = 1.5 \text{ cm}^2$; $S_a = 0.5 \text{ cm}^2$; $\frac{S_b}{S_c} = 5.8$
- Tapa peatonal: $S_b = 8.6 \text{ cm}^2$; $S_c = 3.8 \text{ cm}^2$; $S_a = 1 \text{ cm}^2$; $\frac{S_b}{S_c} = 2.26$
- Tapa Rectangular: $S_b = 8.71 \text{ cm}^2$; $S_c = 12.6 \text{ cm}^2$; $\frac{S_b}{S_c} = 0.69$

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los análisis de laboratorio que se realizaron sobre la arena se efectuó una preselección de acuerdo al comportamiento de las distintas mezclas, variando los porcentajes de agua, carbón y bentonita, teniendo en cuenta también algunas consideraciones citadas por algunos autores.

Para obtener piezas con un buen acabado superficial evitando en gran escala la aparición de defectos, es adecuado tener materia prima que cumplan con parámetros de aceptación, por esta razón se caracterizó dos clases de arena, de la cual se escogió la muestra B, con la cual se obtuvo mejores resultados en cuanto a las propiedades que debe tener una arena para ser una arena de moldeo, como se observa en la Tabla 8.

Como aditivo en las arenas de moldeo se requieren carbones de rango bituminoso que posea valores adecuados como los presentados en la Tabla 1. El carbón molido utilizado en Infusan Ltda. Se encuentra dentro de los rangos principales establecidos de aceptación, al momento de seleccionar un carbón mineral molido. Un aspecto evaluado al momento de utilizar este aditivo fue su granulometría, que inicialmente se encontraba heterogénea como se observa en la Figura 9. Cuando se realizó la experimentación de las nuevas mezclas

de arena de moldeo se redujo el tamaño del carbón evitando la presencia de gruesos y llevándolo a un tamaño entre 0.05-0.01 mm.

En cuanto a la bentonita según los resultados obtenidos, se puede decir que su activación es la adecuada para una bentonita nacional. Para la experimentación se trabajaron con rangos que superaron el 6% con los cuales se obtuvo resistencias a la compresión en verde entre 12-15 psi.

Con los datos obtenidos al realizar los ensayos citados para la caracterización de la muestra de arena A, podemos observar que la arena sin adición de agua, presenta una humedad muy alta (Tabla 3), esto no es conveniente para la mezcla ya que el exceso de agua, produce una cantidad excesiva de vapor de agua durante la colada, dando lugar a poros y superficies rugosas en las piezas fundidas.

El análisis granulométrico presentado en la Tabla 4, presenta una distribución heterogénea que muestra un alto acumulado de finos, lo que conduce a los bajos resultados en la obtenidos para los ensayos de permeabilidad en seco y en verde, mostrados en la Tabla 5, los ensayos de resistencia a la compresión en verde para la muestra A de arena, indican una cohesión moderada (800-1200 cN/cm²). Los valores de los ensayos en seco, registrados en la Tabla 6 son muy bajos, por lo que se rechaza esta muestra por un mal comportamiento a altas temperaturas.

La arena regenerada en Infusan Ltda. de la muestra A, presenta baja resistencia a la compresión en verde y en seco, no es adecuada utilizarla como arena de contacto debido a la pérdida de sus propiedades las cuales son difíciles de recuperar. En cuanto a la permeabilidad en verde de la arena quemada, disminuye por lo que no es favorable en el momento de elaborar piezas fundidas, entonces no se debe usar como arena de contacto.

El tiempo de mezcla y los porcentajes de agua y bentonita usados por Infusan son muy altos, se realizaron mezclas de arena disminuyendo el porcentaje de Bentonita y aumentando desde 1% hasta 5% el agua. El tiempo de mezcla usado en Infusan era de 10 minutos ese fue reducido hasta 3 minutos, afectando positivamente el comportamiento de la arena a la aptitud al moldeo, con el tiempo transcurrido esta propiedades se encuentra entre 40-50%

Tomando los valores experimentales de los ensayos, se realizaron las curvas respectivas de RVC (Resistencia Compresión en Verde) vs. % agua, permeabilidad AFS vs. % agua, de las cuales se escogió el 4% de agua por ser el porcentaje que mejor comportamiento presentaba, sin embargo estos ensayos se realizaron con una arena que tenía buena vida de banco, mientras que en Infusan este porcentaje puede variar hasta 3%, dependiendo del estado de llegada de la arena a la empresa y el almacenamiento que se le da.

La mezcla de arena usada por Infusan, se basaba en la experiencia del operario, sin el uso adecuado de instrumentos de medida con los cuales se

podiera dar una cantidad exacta de la materia prima, por esta razón el excesivo porcentaje de agua, la cantidad no exacta de carbón en la mezcla, representaba la producción de piezas con arena pegada, como se observa en la Fotografía 6, rugosidades, algunas veces penetración de arena y escoria, lo que representaba mayor gasto de tiempo y energía en el proceso de acabado de las piezas.



Fotografía 6. Piezas Extraídas del molde utilizando la muestra A

Las mezclas preseleccionadas A Y E, se variaron disminuyendo el porcentaje de carbón hasta 3% y se escogieron las mezclas D Y H, donde el porcentaje de compactación aumenta a 48%, y las propiedades en verde también aumentan. A pesar de mostrar mejores resultados teóricos, los resultados experimentales obtenidos en la pieza fundida no fueron satisfactorios, porque al desmoldar la

pieza, presentaba arena pegada y rugosidad, como se puede observar en la fotografía 7 y 8, por lo que se mantuvo la selección de las mezclas con 6% de carbón, eliminándose problemas de rugosidad, arena pegada, porosidades en las piezas, aumentando el porcentaje de piezas en la empresa como se observa en la fotografía 9 y 10 y evitando el rechazo de gran cantidad de piezas que superaban el 10%.



Fotografía 7. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla seleccionada D



Fotografía 8. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla seleccionada H



Fotografía 9. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla seleccionada A



Fotografía 10. Pieza fundida extraída del molde, utilizando la mezcla seleccionada E

Los resultados obtenidos de la evaluación del sistema de llenado de las tres piezas escogidas en Infusan, fueron satisfactorios porque se obtuvieron piezas sana, libres de rechupes y otros defectos como se muestra a continuación en las fotografías 11, 12 y 13 por lo que no fue necesario proponer otros diseños, debido a que estos defectos se debían principalmente a la mezcla de arena utilizada en Infusan, como se pudo comprobar en los resultados anteriores.

- Con los datos de las secciones en la Tee de 3*2 y la tapa peatonal, resultó una relación convergente, lo que indica que el sistema de llenado es a Presión, evitando el desprendimiento de la vena de líquido en el sistema.
- Para la tapa rectangular, la relación es divergente, lo que se obtiene un sistema de llenado sin presión, lo que se busca reducir la velocidad del metal en los ataques.

- Para la Tee y la Tapa Peatonal, la relación $\frac{S_b}{S_c} > 2$, lo que indica que el flujo en los canales está en equilibrio, mientras que para la tapa rectangular la relación $\frac{S_b}{S_c} < 2$, es decir, el desequilibrio en el flujo es alto.
- El resultado de piezas sin defectos es un factor que se tuvo en cuenta para la evaluación de la efectividad del sistema de llenado establecidos en Infusan, ya que con estos se obtienen piezas sanas y completas.
- La conicidad convergente del bebedero facilita el desmoldeo y con esta se puede cumplir la ley de la continuidad.



Fotografía 11. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de llenado utilizado por Infusan



Fotografía 12. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de llenado utilizado por Infusan



Fotografía 13. Pieza obtenida de la evaluación del sistema de llenado utilizado por Infusan

5. RECOMENDACIONES

- Disminuir el tiempo de mezcla en Infusan Ltda., de 10 a 3 minutos, para que este no afecte en las propiedades de la arena de moldeo.
- Se recomienda a Infusan Ltda., adquirir tamiz entre 0.05-0.01 mm, para que el carbón que se está usando mejore las propiedades que éste posee.
- La arena que llega a Infusan se debe almacenar mejor, para evitar la ganancia de humedad por causa de factores atmosféricos que afecten sus propiedades al momento de hacer la mezcla.
- Para la regeneración de las arenas, es recomendable que la empresa adquiera un mecanismo magnético, para extraer las partículas metálicas que quedan en la arena, después del proceso de fundición.
- Para evitar el desprendimiento de la arena del metal, es necesario el empleo de una taza, en el sistema de llenado, que impide que esto ocurra.

CONCLUSIONES

- Se seleccionó la muestra B, debido a que presenta mejores propiedades como arena de moldeo.
- La muestra A no presenta las condiciones necesarias para ser utilizada como arena de moldeo, debido a que su porcentaje de humedad es muy elevado (6.1% Humedad).
- El tiempo de mezcla se redujo de 10 a 3 minutos, debido a que en este tiempo se obtuvo una buena aptitud al moldeo (48% de compactabilidad) y se redujo notoriamente el consumo de energía para Infusan.
- Se escogieron las mezclas E, para piezas moderadamente gruesas ($25 \text{ mm} < e < 50\text{mm}$); la A para piezas delgadas ($e < 15\text{mm}$) y la mezcla J para piezas gruesas ($e > 50\text{mm}$), porque incidieron notablemente en el acabado superficial de las piezas, (rugosidad, arena pegada, inclusiones), por lo tanto estas mezclas pueden ser utilizadas como arenas de moldeo.
- Los resultados obtenidos de la mezcla usada por Infusan (12% bentonita, 6% de carbón, 7.6% de humedad), aunque presenta una cohesión moderada, se reemplazó debido a su resistencia en caliente muy alta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOMEZ, J.I. Y RODAS, N. “Propiedades y metaestabilidad de las arenas de moldeo en verde colombianas”. Proyecto de Investigación, Depto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Medellín 1993.
2. GOMEZ, J.I. Y RODAS, N. “Calidad de las Arenas de Sílice para fundición en Colombia”. Universidad Nacional de Medellín 1993.
3. GOMEZ, J.I. Y RODAS, N. “Durabilidad de las Bentonitas colombianas en las arenas de Moldeo”. Proyecto de Investigación, Depto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Medellín 1993.
4. ALONSO, A. Manual de Laboratorio de Fundición. Universidad Industrial de Santander, 1986.
5. SEMINARIO DE CONTROL BASICO DE LAS ARENAS EN VERDE. Traducción del francés Patricio Yañez, Ingeniero Metalúrgico, C.E.G.E.P de Tras-Rivieres.
6. NÚÑEZ, C.,REY O. Estudio de carbones de Santander y norte de Santander para su posible utilización como aditivo en las arenas de moldeo. Proyecto de grado UIS. Ingeniería Metalúrgica. 1999.
7. ALONSO, A. Las propiedades de la Fundición. Ediciones Uis, 1998.
9. Manual de procedimientos estándar del Laboratorio de carbones. Bucaramanga, Marzo 1980.



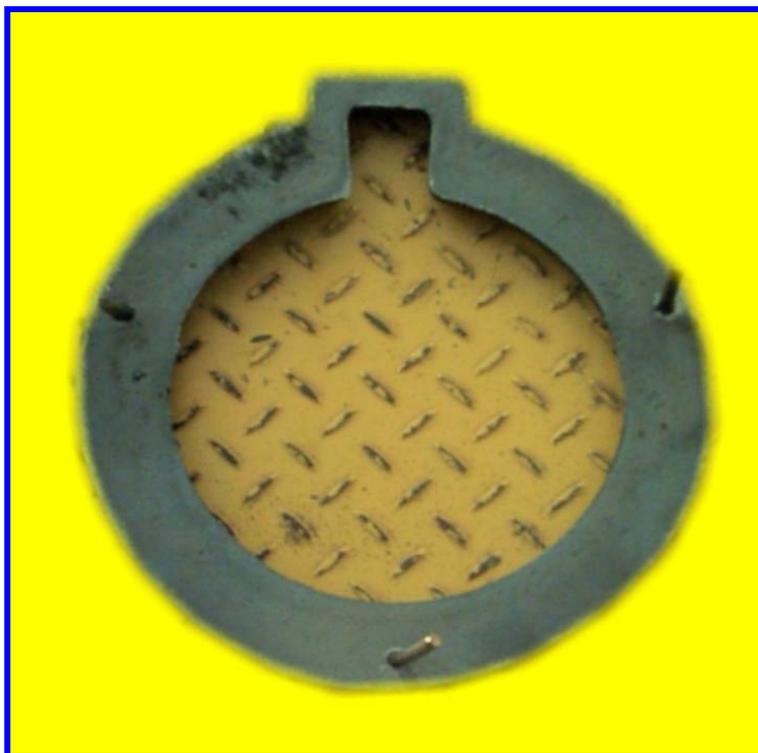
Anexo A. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla de Infusan Ltda. (12% Bentonita, 6% de carbón, 7.6% de agua; 10 minutos de mezcla)



Anexo B. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla de Infusan Ltda. (12% Bentonita, 6% de carbón, 7.6% de agua; 10 minutos de mezcla)



Anexo C. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla C



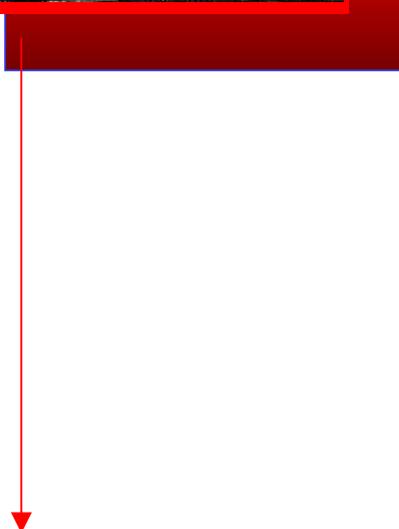
Anexo D. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla F



Anexo E. Pieza obtenida después de desmoldar, usando la mezcla J



**INDUSTRIAS Y FUNDICIONES
DE
SANTANDER**



ACCESORIOS PARA REDES DE ACUEDUCTOS Y ALCANTATILLADOS

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Infusan cuenta con 25 años de experiencia en la industria de la fundición, la cual se ha especializado en la elaboración de accesorios para redes de acueducto y alcantarillado, participando en obras públicas y del sector privado. Se encuentra ubicada en la carrera 3 # 45-29 Bucaramanga, y cuenta con la colaboración de 10 empleados, los cuales hacen posible una producción de 8 toneladas por cada proceso de fabricación de piezas en fundición gris, según sea la demanda en el mercado, cada 20 días. Esta demanda no sólo cubre Bucaramanga, sitios como Rioacha, Lebrija, ocaña, entre otros. Pasando a las instalaciones, esta empresa cuenta con la oficina de gerencia, secretaría y contabilidad y una sala de exhibición de las muestras para la venta, una amplia sala de moldeo, donde se prepara la mezcla de arena, se moldea y se funde, allí se encuentra una mezcladora, un cubilote con un $D_i = 70$ cm, doble hilera de toberas, doble refractario, un sistema de refrigeración y filtro de humos para evitar la contaminación, también cuenta con salas de almacenamiento de piezas, cajas de moldeo, modelos, implementos de seguridad, coque y arena y uno donde le dan el acabado superficial a las piezas, allí se esmerilan y aplican una capa de esmalte negro como recubrimiento.

* Práctica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de materiales, Arnaldo Alonso Baquero.