

Study of Molding Sand Quality to Improve the Casting of Aluminum Products

Estudio de la calidad de arena de moldeo para mejorar la fundición de productos de aluminio

Autores:

Zambrano-Castro, Jonathan Wilmer
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ingeniero Mecánico
Magister en Mantenimiento Industrial
Mención en Gestión Eficiente del Mantenimiento
Docente
Portoviejo – Ecuador



jonathan.zambrano@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-1197-624X>

Zambrano-Rodriguez, Alfredo Cecilio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ingeniero Mecánico
Magister en Energía
Docente
Portoviejo – Ecuador



alfredo.zambrano@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-3525-3801>

Toala-Arcentales, Galvin Antonio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ingeniero Mecánico
Magíster en Docencia e Investigación Educativa
Docente
Portoviejo – Ecuador



galvin.toala@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-6934-267X>

Fechas de recepción: 26-DIC-2024 aceptación: 26-ENE-2025 publicación: 15-MAR-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El presente estudio aborda la importancia de la calidad de la arena de moldeo en la fundición de productos de aluminio, un proceso crítico para la manufactura industrial. Ecuador, como país productor de materias primas, enfrenta desafíos en la optimización de procesos de fundición debido a la dependencia tecnológica y la calidad variable de materiales locales. La investigación se centró en caracterizar la arena utilizada en el laboratorio de fundición de la Universidad Técnica de Manabí. Para ello, se aplicaron metodologías experimentales y análisis normativos enfocados en propiedades como granulometría, contenido de humedad y arcilla. Los resultados mostraron que la arena local, aunque granulométricamente adecuada, presenta características propias de arenas recicladas, sugiriendo un amplio margen de mejora. Se determinó que una optimización en las propiedades de la arena podría reducir defectos en las piezas fundidas, incrementar la eficiencia del proceso y mejorar las propiedades mecánicas de los productos finales. Este estudio no solo contribuye al fortalecimiento de las capacidades locales en fundición, sino que también abre la posibilidad de desarrollar mezclas mejoradas para futuras aplicaciones industriales.

Palabras clave: Calidad de arena; manufactura; fundición



Abstract

The present study addresses the importance of molding sand quality in the casting of aluminum products, a critical process for industrial manufacturing. Ecuador, as a producer of raw materials, faces challenges in optimizing casting processes due to technological dependence and the variable quality of local materials. The research focused on characterizing the sand used in the foundry laboratory of the Technical University of Manabí. Experimental methodologies and normative analyses were applied, focusing on properties such as granulometry, moisture content, and clay. The results showed that the local sand, although granulometrically adequate, exhibits characteristics typical of recycled sands, suggesting a significant margin for improvement. It was determined that optimizing the sand properties could reduce defects in cast pieces, enhance process efficiency, and improve the mechanical properties of final products. This study not only contributes to strengthening local casting capabilities but also opens the possibility of developing improved sand mixtures for future industrial applications.

Keywords: Sand quality; manufacturing; casting



Introducción

La fundición en arena es una técnica ancestral que sigue siendo fundamental en la manufactura moderna, especialmente en la producción de piezas de aluminio. Este proceso implica verter metal fundido en moldes de arena para obtener formas específicas, y su eficacia depende en gran medida de la calidad de la arena utilizada. La selección adecuada de la arena de moldeo es crucial para garantizar la integridad estructural y las propiedades mecánicas de las piezas fundidas. La arena de fundición, también conocida como arena de moldeo, consiste principalmente en arena silíceo limpia, de tamaño uniforme y de alta calidad que se utiliza para crear moldes en los que se vierte el metal fundido (*Arenas para Fundición - Produzca arenas para fundición - CDE, 2024*).

En los últimos años, se han realizado diversos estudios para mejorar la calidad de la arena de moldeo y, por ende, la calidad de las piezas de aluminio fundidas. Por ejemplo, se ha investigado el uso de microesferas huecas de silicato de aluminio en la composición de la arena de moldeo, lo que ha demostrado mejorar las propiedades térmicas y mecánicas del molde (Urreiztieta, 1998). Además, destacan otros trabajos como (Cabrera Rudas & Lindo Rojas, 2020) y (López Gómez, 2022), los cuales han explorado diferentes alternativas para la preparación de modelos a partir de arena de moldeo, dando como resultado la incorporación de aditivos y aglutinantes que optimizan la cohesión y estabilidad dimensional de los moldes, reduciendo defectos comunes en las piezas fundidas.

La industria de la fundición de aluminio enfrenta desafíos constantes para cumplir con las exigencias de precisión y calidad en sectores como el automotriz y aeroespacial. La fundición en arena es un método común en la industria automotriz para fabricar piezas de automóviles con diseños complejos, incluyendo bloques de motor y carcasas de transmisión (ZTL, 2023). Para abordar estos desafíos, es esencial un control riguroso de las propiedades de la arena de moldeo, como su granulometría, contenido de humedad y composición química (Bisbal et al., 2015). La implementación de técnicas avanzadas de caracterización y control de calidad permite identificar y corregir variaciones en la arena que podrían afectar negativamente el proceso de fundición (*Arena de sílice en la industria de fundición, 2023*). Por su arte, la industria de fundición en Ecuador es una parte integral del sector manufacturero,



contribuyendo significativamente al desarrollo económico y a la generación de empleo en el país. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (*home – Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2024*), en 2022 se registraron 1.806.386 empresas activas en el país, de las cuales una proporción relevante pertenece al sector metalmeccánico, incluyendo las actividades de fundición de hierro, acero y metales no ferrosos.

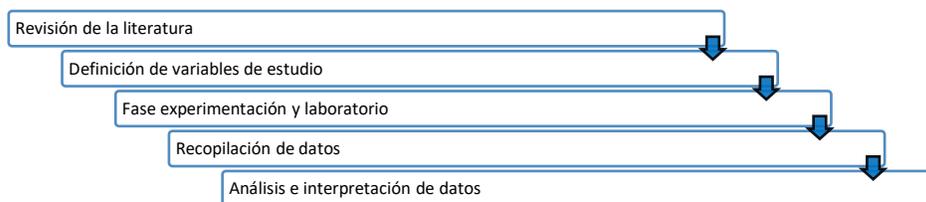
Finalmente, las investigaciones que anteceden, muestran que la calidad de las materias primas, incluyendo la arena de fundición, tiene un impacto directo en la eficiencia del proceso productivo y en la reducción de desperdicios. La utilización de arena de alta calidad no solo mejora las propiedades mecánicas de las piezas fundidas, sino que también optimiza el consumo de otros materiales, como las resinas utilizadas en el proceso de moldeo. Por lo tanto, es fundamental que las empresas de fundición en Ecuador presten especial atención a la selección y tratamiento de la arena de fundición para mantener estándares de calidad elevados y competitividad en el mercado (*Explicación detallada del proceso de fundición en arena de resina - Noticias - Ningbo Supreme Machinery Co., Ltd., 2022*).

El análisis de las publicaciones y material investigativo en general disponible en la web, revela existe poca información sobre la calidad de arena de fundición en centros de producción de la provincia de Manabí, por lo cual, se desconoce la situación de este sector productivo.

Material y métodos

La investigación se desarrolló utilizando diversos métodos e instrumentos necesarios para la ejecución del trabajo, entre ellos se encuentran el análisis documental, la observación científica, análisis estadístico y método inductivo – deductivo, siguiendo la metodología propuesta por (Pallo Morocho & Valdivieso Godoy, 2019a) procedimiento compuesto por las etapas mostradas a continuación en la figura 1:

Figura 1. Esquema metodológico de investigación.



Nota. Adaptado de (Pallo Morocho & Valdivieso Godoy, 2019a)



Etapa 1: Revisión de la literatura

En esta primera fase, se recopilaron y analizaron estudios previos relacionados con la calidad de la arena de moldeo y su impacto en la fundición de productos de aluminio. La revisión incluyó artículos científicos, informes técnicos y normativas internacionales. Este análisis permitió identificar los parámetros críticos que afectan la calidad de las piezas fundidas y establecer el marco teórico que sustenta la investigación.

Etapa 2: Definición de variables de estudio

En relación a los antecedentes hallados de la revisión literaria, se definieron las variables independientes y dependientes que influyen en el proceso de fundición. Entre las variables seleccionadas se encuentran la granulometría, composición química, resistencia mecánica y permeabilidad de la arena. Estas variables permitieron estructurar un diseño experimental robusto orientado a evaluar su efecto en las propiedades de las piezas de aluminio.

Etapa 3: Fase de experimentación y laboratorio

En esta etapa se llevó a cabo la preparación y acondicionamiento de la arena de moldeo en el laboratorio, siguiendo los parámetros definidos previamente. Se elaboraron moldes para fundición de aluminio bajo condiciones controladas y se evaluaron distintas combinaciones de materiales y aditivos. Las pruebas experimentales se ejecutaron conforme a protocolos estandarizados para garantizar la reproducibilidad de los resultados.

Etapa 4: Recopilación de datos

Durante el desarrollo de la fase experimental experimentos, se realizó una recopilación sistemática de datos relacionados con las propiedades de la arena, principalmente la granulometría y la calidad de las piezas obtenidas. Los datos se registraron mediante fichas de registro y herramientas tecnológicas como software de adquisición de datos.

Etapa 5: Análisis e interpretación de datos



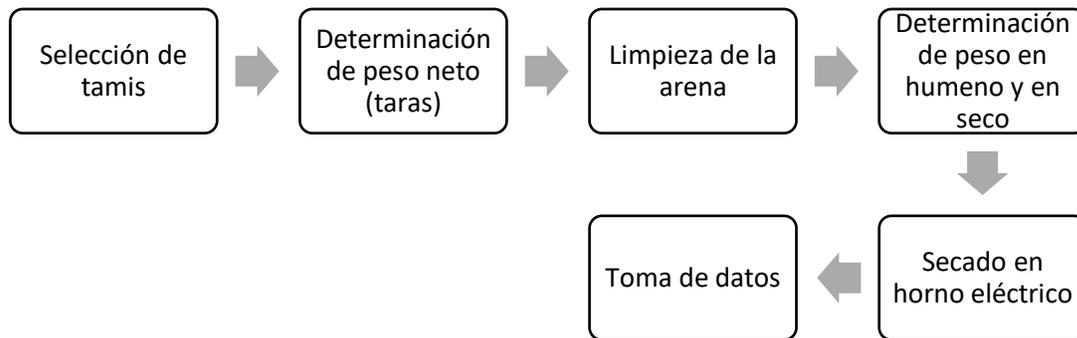
Finalmente, se llevó a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos en las fases anteriores. Este análisis permitió identificar correlaciones significativas entre las variables de estudio y evaluar el impacto de la calidad de la arena de moldeo en las propiedades de las piezas fundidas.

Etapas para el análisis de granulometría.

Considerando lo mencionado por la AFS (American Foundrymen Society) describe la metodología para la determinación del tamaño de grano de arena; por su parte, la norma ISO 3310 -1: 2016 y ASTM 11 establecen los requerimientos de tamices para la caracterización de muestras en laboratorio, las cuales se describen en la figura 1:

Figura 1.

Metodología para la determinación de granulometría de arena



Nota. Adaptado de (Pallo Morocho & Valdivieso Godoy, 2019b)

Materiales utilizados.

En la tabla 1, se muestran los materiales utilizados en el proceso de investigación:

Tabla 1

Equipos utilizados



Equipos	Descripción
	Zaranda
	Taras (recipiente para colocar muestras)
	Balanza digital
	Horno eléctrico (estufa)

Nota. Elaboración de los autores

Para la determinación del porcentaje de retención de tamiz se aplica la siguiente expresión:

Ecuación 1

$$\text{Tamiz N}^\circ \dots = \frac{\text{Peso retenido parcial}}{\text{Peso retenido acumulado total}} \times 100$$

Para calcular el peso inicial, se aplica la siguiente expresión:



Ecuación 2

$$\text{Peso inicial} = \frac{\text{Peso inicial humedo}}{1 + \frac{\% HN}{100}}$$

Para determinar el porcentaje de arcilla aplicaremos la siguiente expresión:

Ecuación 3

$$\text{Peso inicial} - \text{peso retenido acumulado} = \text{contenido de arcilla en gramo}$$

Por último, para la determinar el porcentaje de arcilla aplicaremos la siguiente expresión:

Ecuación 4

$$\text{Porcentaje de arcilla} = \frac{\text{contenido de arcilla en gramo}}{\text{peso inicial}} * 100$$

Para el cálculo de la finura de la arena de estudio, aplicaremos la siguiente expresión:

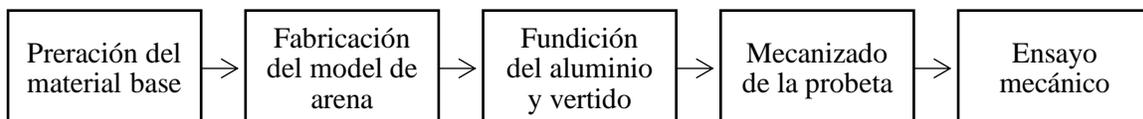
Ecuación 5

$$\text{Módulo de finura} = \frac{\sum \% \text{ retenidos acumulados del tamiz 4 al 100}}{100}$$

Finalmente, para la obtención de las probetas con cada una de las muestras de arena de estudios se aplicará el siguiente proceso.

Figura 2.

Metodología para la obtención de probetas de aluminio fundido.



Nota. Elaboración propia

Resultados

En la etapa de revisión de la literatura se identificaron estudios clave relacionados con la calidad de la arena de moldeo y su influencia en los procesos de fundición de aluminio. En particular, se analizaron aspectos como las propiedades físicas y químicas de la arena, su granulometría, contenido de humedad, cohesión, permeabilidad y resistencia, factores críticos que determinan la calidad de los moldes y, en consecuencia, el rendimiento del proceso de fundición.

Se destacó que la granulometría de la arena es fundamental para garantizar un acabado superficial adecuado y minimizar defectos como porosidad o inclusiones. Varios autores coinciden en que arenas con una distribución granulométrica uniforme y partículas esféricas promueven una mayor compactación y resistencia del molde, mejorando la precisión dimensional de las piezas fundidas.

Con base en lo descrito en la literatura, se estableció que, bajo las condiciones y disponibilidad de equipos, las variables de estudio son la granulometría de la arena del laboratorio y su contenido de arcilla, a través del proceso señalado anteriormente, disponible en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería y Ciencia Aplicadas de la UTM.

Los resultados de la aplicación de la metodología en la probeta 1, se muestra de manera consolidada en la Tabla 2.

Tabla 2.

Granulometría serie fina muestra 1

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido parcial	Peso retenido acumulado	% de retención	% de retención acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	0	0	0	0	100 %
N° 8	2.360	0	0	0	0	100 %
N° 16	1.180	0	0	0	0	100 %
N° 30	0.600	3.80	3.80	2.76 %	2.76 %	97.24 %



N° 50	0.300	31.10	34.90	22.56 %	25.32 %	74.68 %
N° 100	0.150	72.02	106.92	52.24 %	77.56 %	22.44 %
N° 200	0.075	30.45	137.37	22.08 %	99.64 %	0.36 %
Total Pasa N°200		0.49		0.36 %	100 %	0.00 %
Total			137.86	100%		

Nota: Elaboración propia

Porcentaje de retención de tamiz:

A partir de la siguiente expresión 1, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 3 de la muestra de estudio:

Tabla 3.

Resultados de retención de tamiz.

Tamiz	Resultado
30	2.76 %
50	22.56 %
100	52.24 %

A partir de la ecuación 2 se obtiene que su peso inicial es de 192.88; por otra parte, el contenido de arcilla es del 55.02 gramos, siendo el 28.53 %.

Los resultados de la aplicación de la metodología en la probeta 2, se muestra de manera consolidada en la Tabla 4.

Tabla 4.

Granulometría serie fina muestra 2



Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido parcial	Peso retenido acumulado	% de retención	% de retención acumulado	% que pesa
N° 4	4.750	0	0	0	0	100 %
N° 8	2.360	0	0	0	0	100 %
N° 16	1.180	0	0	0	0	100 %
N° 30	0.600	0.20	0.20	0.10 %	0.10 %	99.9 %
N° 50	0.300	12.63	12.83	6.39 %	6.49 %	93.51 %
N° 100	0.150	141.71	154.54	71.73 %	78.22 %	21.78 %
N° 200	0.075	42.92	197.46	21.73 %	99.95 %	0.05 %
Total Pasa N°200		0.10		0.05 %	100 %	0.00 %
Total			197.56	100%		

Nota: Elaboración propia

Porcentaje de retención de tamiz:

A partir de la siguiente expresión 1, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 5 de las muestras de estudio:

Tabla 5.

Resultados de retención de tamiz.

Tamiz	Resultado
30	0.10 %
50	6.39 %
100	71.73 %

A partir de la ecuación 2 se obtiene que su peso inicial es de 199.08; por otra parte, el contenido de arcilla es del 1.52 gramos, siendo el 0.76 %.



Por otra parte, la tabla 6 muestra los resultados obtenidos a partir de la ecuación 5:

Tabla 5.

Índice de finura de las arenas.

Muestra	Módulo de finura
1	1.06 %
2	0.85 %

Nota. Elaboración propia.

Considerando la metodología descrita anteriormente, se obtuvieron probetas de aluminio fundido para el desarrollo de pruebas visuales de la calidad superficial, las cuales se pueden observar en la figura 3.

Figura 3.

Probetas de aluminio fundido.



Nota. Elaboración de los autores.

Conclusiones

El estudio de la calidad de la arena de moldeo ha demostrado ser un factor determinante en la mejora del proceso de fundición de productos de aluminio. A partir de la investigación teórica, se identificaron los parámetros críticos de la arena, como la granulometría, la permeabilidad, la cohesión y el contenido de humedad, que influyen directamente en la calidad de los moldes y, por ende, en las propiedades finales de las piezas fundidas.

Los resultados del análisis sugieren que una selección adecuada de los materiales y el control de los procesos de preparación y acondicionamiento de la arena pueden reducir defectos como porosidad, inclusiones y deformaciones, logrando piezas con mejores acabados superficiales y propiedades mecánicas optimizadas. Además, se destacó la importancia de implementar pruebas periódicas para evaluar y ajustar las características de la arena en función de las exigencias específicas de la fundición de aluminio.

La metodología aplicada en el estudio de la calidad de la arena de moldeo para mejorar la fundición de productos de aluminio demostró ser adecuada y efectiva para abordar los objetivos planteados. A través de un enfoque sistemático, se lograron identificar y analizar los parámetros clave que influyen en la calidad de la arena y su impacto en las propiedades finales de las piezas fundidas.

El diseño metodológico integró una revisión exhaustiva de la literatura técnica, la caracterización física y química de diferentes tipos de arena, y la simulación de procesos de moldeo. Esto permitió establecer relaciones claras entre las propiedades de la arena —como granulometría, contenido de humedad, permeabilidad y resistencia— y la reducción de defectos comunes en las piezas de aluminio, obtenido como resultado de en las probetas la mejora significativa en el acabado exterior de las piezas; por su parte, el ensayo granulométrico permite establecer que la arena de fundición del laboratorio posee las dimensiones correctas y sin embargo presenta un margen considerable de mejora por cuanto, posee diferencias en su geometría entre la arena superficial y la ubicada al fondo del contenedor.



Referencias bibliográficas

- Arena de sílice en la industria de fundición: Moldeando el mundo de la fundición de metales / Geoterra Dominicana.* (2023, marzo 29).
<https://www.geoterradominicana.com/articulos/arena-de-silice-en-la-industria-de-fundicion-moldeando-el-mundo-de-la-fundicion-de-metales/>
- Arenas para Fundicion—Produzca arenas para fundición—CDE.* (2024).
<https://www.cdegroupp.com/es/aplicaciones/arenas-agregados/arenas-para-fundicion>
- Bisbal, R., Gómez, F., Di Yorio, C., & Pérez, M. (2015). Evaluación de las características y propiedades de fundición de Arena de Olivino Venezolana (Parte I). *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 30(3), 95-110.
- Cabrera Rudas, A. A., & Lindo Rojas, D. J. (2020). Análisis de los componentes de arena de moldeo empleados para un buen resultado de piezas fundidas de aluminio realizados en la empresa “Fundicion El Carmen” SAC Lima-Perú. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6440>
- Explicación detallada del proceso de fundición en arena de resina—Noticias—Ningbo Supreme Machinery Co., Ltd.* (2022). <https://es.spironcasting.com>.
<https://es.spironcasting.com/news-show-29.html>
- Home – Instituto Nacional de Estadística y Censos.* (2024).
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- López Gómez, V. G. (2022). *Evaluación de rugosidad en el soporte posterior de un motor SPARK fabricado mediante fundición con diferentes tipos de arena.*
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4769>
- Pallo Morocho, E. L., & Valdivieso Godoy, A. E. (2019a). *Estudio de las propiedades de las arenas y su influencia en las piezas fundidas en ciertos talleres de fundición de la ciudad de Quito.* [bachelorThesis, Quito, 2019.].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19942>
- Pallo Morocho, E. L., & Valdivieso Godoy, A. E. (2019b). *Estudio de las propiedades de las arenas y su influencia en las piezas fundidas en ciertos talleres de fundición de*

la ciudad de Quito. [bachelorThesis, Quito, 2019.].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19942>

Urreiztieta, J. P. (1998). *Arena de moldeo adecuada para fabricar machos y moldes de fundicion* (World Intellectual Property Organization Patent No.

WO1998029353A1). <https://patents.google.com/patent/WO1998029353A1/es>

ZTL, S. (2023, noviembre 22). Fundición en arena de precisión | OEM/ODM | Piezas personalizadas. *Zintilon*. <https://www.zintilon.com/es/blog/sand-casting/>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

