

Volumen 3, Número 10 — Octubre — Diciembre - 2019

ISSN 2523-2428

Revista de Ingeniería Civil



ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis.
PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Civil, Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.-Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD. ISSN: 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Ingeniería Civil

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902 su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Civil es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

Comité Arbitral

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MORALES - IBARRA, Rodolfo. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo Leon

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

VERA - SERNA, Pedro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbítrros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Determinación de las propiedades térmicas de un mortero modificado con sargazo como material alternativo en construcción*, por ZAVALA-ARCEO, Alberto, CRUZ-ARGÜELLO, Julio César, FIGUEROA-TORRES, Mayra Zyzlila y YELADAQUI-TELLO, Alberto, como segundo artículo presentamos, *Diseño de un sistema perfilador de bajo costo y efectivo para la determinación de rugosidad en vías terrestres asfaltadas*, por GUTIERREZ-VILLALOBOS, Jose M., MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, CHAVEZ-CARDENAS, Xhavier y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram, con adscripción en la Universidad de Guanajuato, como tercer artículo presentamos, *Elaboración de bloques de construcción a partir de residuos de arena sílica proveniente del proceso de fundición aluminio en una empresa automotriz*, por GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina, SIERRA-SALGADO, Diana Vanessa y MARTÍN DEL CAMPO-SÁNCHEZ, Ma. Guadalupe, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, como ultimo artículo presentamos, *Diseño de JIGS para el Area de Pintura mediante Solidworks®*, por HERNANDEZ-BRIONES, Alejandro & DIAZ-ROBLES, Raymundo, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Coahuila.

Contenido

Artículo	Página
Determinación de las propiedades térmicas de un mortero modificado con sargazo como material alternativo en construcción ZAVALA-ARCEO, Alberto, CRUZ-ARGÜELLO, Julio César, FIGUEROA-TORRES, Mayra Zyzlila y YELADAQUI-TELLO, Alberto	1-9
Diseño de un sistema perfilador de bajo costo y efectivo para la determinación de rugosidad en vías terrestres asfaltadas GUTIERREZ-VILLALOBOS, Jose M., MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, CHAVEZ-CARDENAS, Xhavier y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram <i>Universidad de Guanajuato</i>	10-18
Elaboración de bloques de construcción a partir de residuos de arena sílica proveniente del proceso de fundición aluminio en una empresa automotriz GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina, SIERRA-SALGADO, Diana Vanessa y MARTÍN DEL CAMPO-SÁNCHEZ, Ma. Guadalupe <i>Universidad Tecnológica del Valle de Toluca</i>	19-26
Diseño de JIGS para el Area de Pintura mediante Solidworks® HERNANDEZ-BRIONES, Alejandro & DIAZ-ROBLES, Raymundo <i>Universidad Tecnológica de Coahuila</i>	27-31

Determinación de las propiedades térmicas de un mortero modificado con sargazo como material alternativo en construcción**Determination of the thermal properties of a modified mortar with sargassum as an alternative material in construction**

ZAVALA-ARCEO, Alberto¹ †, CRUZ-ARGÜELLO, Julio César^{1*}, FIGUEROA-TORRES, Mayra Zyzlila² y YELADAQUI-TELLO, Alberto¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chetumal, Av. Insurgentes 330 C.P. 77013 Col. David Gustavo Gtz. Chetumal, Q.Roo, México

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil – IIC, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria CP 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

ID 1^{er} Autor: Alberto, Zavala-Arceo / ORC ID: 0000-0001-5504-3807, CVU CONACYT ID: 863313

ID 1^{er} Coautor: Julio César, Cruz-Argüello / ORC ID: 0000-0001-8664-9422, CVU CONACYT ID 221002

ID 2^{do} Coautor: Mayra Zyzlila, Figueroa-Torres / ORC ID: 0000-0002-68237384, CVU CONACYT ID 42436

ID 3^{er} Coautor: Alberto, Yeladaqui-Tello / ORC ID: 0000-0003-3140-9522, CVU CONACYT ID: 200680

DOI: 10.35429/JCE.2019.10.3.1.9

Recibido 03 de Septiembre, 2019; Aceptado 09 Noviembre, 2019

Resumen

En el presente trabajo se analizan las propiedades de un mortero con agregado de alga de sargazo tratada, en sustitución del agregado pétreo en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% con el fin de reducir la conductividad térmica del recubrimiento y la carga térmica del interior de las edificaciones, disminuyendo de esta manera el consumo energético e implementando materiales sustentables a la industria de la construcción. Para propósitos de esta investigación se realizó una caracterización de los componentes del mortero, el agregado pétreo y el sargazo tratado para su uso como agregado. Se elaboraron muestras para cada porcentaje y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 y 28 días para analizar el comportamiento del mortero durante el proceso de endurecimiento. Se realizaron pruebas de adherencia para determinar si las mezclas son eficientes para su uso como recubrimiento. Posteriormente se evaluó la transferencia térmica por conducción y convección. El material demostró características hidrofílicas por lo cual, los análisis de las propiedades mecánicas demostraron a mayor sustitución de sargazo, una reducción en la resistencia, limitando los porcentajes eficientes al 5 y 10% para su uso.

Mortero, Aislante térmico, Sargazo**Abstract**

In the present work we analyze the properties of a mortar with the addition of treated sargassum algae, replacing the stone aggregate in percentages of 5%, 10%, 15% and 20% in order to reduce the thermal conductivity of the coating and the thermal load of the interior of the buildings, thus reducing energy consumption and implementing sustainable materials to the construction industry. For the purposes of this investigation, a characterization of the components of the mortar was carried out, the stone aggregate and the sargassum treated for its use as an aggregate. Samples were prepared for each percentage and compression resistance tests were performed at 3, 7, 14 and 28 days to analyze the behavior of the mortar during the hardening process. Adhesion tests were performed to determine if the mixtures are efficient for use as a coating. Subsequently, the thermal transfer was evaluated by conduction and convection. The material showed hydrophilic characteristics, therefore, the analysis of the mechanical properties showed as bigger substitution of sargassum, low is the resistance, limiting the efficient percentages to 5 and 10% for its use.

Mortar, Thermal insulator, Sargassum

Citación: ZAVALA-ARCEO, Alberto, CRUZ-ARGÜELLO, Julio César, FIGUEROA-TORRES, Mayra Zyzlila y YELADAQUI-TELLO, Alberto. Determinación de las propiedades térmicas de un mortero modificado con sargazo como material alternativo en construcción. Revista de Ingeniería Civil. 2019 3-10: 1-9

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: jcruez@itchetumal.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El uso de aislantes térmicos en la construcción se ha convertido en una necesidad en zonas con climas extremos para asegurar un confort para las personas y una mejor calidad de vida. El aislamiento integrado en los materiales es una de las soluciones implementadas para reducir significativamente la carga de calor en edificación (Osseni, 2017) Por otro lado su estudio y aplicación en la edificación contribuye al uso eficiente de la energía, teniendo una reducción en la energía utilizada en los equipos de ventilación que se utilizan para obtener el confort que las personas necesitan, los cuales representan un porcentaje significativo del consumo energético de las edificaciones.

El estudio y elaboración de los aislantes térmicos ha avanzado desde su aparición y han surgido diferentes tipos de aplicaciones y de materiales, de estos surgen los denominados “bio-aislantes” los cuales cumplen la misma función desde un ámbito más sustentable, el estudio de los bio-aislantes comenzó a partir de la primera publicación de este tema en 1974, sin embargo el desarrollo de este no fue muy desarrollado hasta el año 1998 cuando comenzaron a surgir más investigaciones (Liu, 2017).

De entre estos podemos destacar los morteros térmicos con materiales orgánicos procesados, los cuales por lo general son residuos de actividades o desperdicios. Se han realizado investigaciones de morteros térmicos con diferentes materiales orgánicos tratados, tales como madera (Corinaldesi, 2016), fibras de palma (Benmansour, 2014), cascaras de plátano (Osseni, 2016) entre otras, las cuales sustentan que el uso de un material orgánico debidamente tratado, es viable como material de sustitución en morteros para mejorar sus propiedades térmicas. En la región se utilizan comúnmente morteros como recubrimiento de las viviendas y edificaciones en general, estos tienen un papel fundamental en el flujo de calor hacia el interior de las edificaciones ya que son los primeros en recibir los rayos solares antes de los demás elementos (Puc-Ortiz, 2009). La economía del estado de Quintana Roo se basa en la industria turística que contribuye considerablemente al producto interno bruto del país, las costas del estado han recibido cantidades masivas atípicas de las macroalgas pardas pelágicas *Sargassum fluitans* y *S. natans* desde el verano de 2014.

La acumulación y descomposición de algas en playas y aguas litorales afecto los ecosistemas costeros, la salud humana y la industria turística, siendo esta ultima el motor económico del estado (Rodríguez, 2017). Esta alga genera una contaminación visual al acumularse en la costa y una contaminación odorífera al descomponerse. (Tussenbroek, 2017).

El alga de sargazo cuenta con propiedades de aislamiento térmico debido a su conductividad térmica de 0.045 W/mK y su valor de calor específico de 2000 J/kgK y de acuerdo al análisis prospectivo del alga (Fernández, 2017) es teóricamente adecuado para su uso en construcción. Según Asdrubali (2015) para que un material sea considerado un aislante térmico estos valores deben de permanecer menores a 0.07 W/mK y mayores a 1400 J/kgK respectivamente lo cual hace de este material teóricamente apto para su uso como aislante térmico. Basándose en las propiedades de esta alga y la disponibilidad que existe en el estado, se propone darle un uso como material de construcción, convirtiendo este residuo en un beneficio social. Para ello se desarrollaran pruebas mecánicas y térmicas para determinar el comportamiento del alga como material de sustitución al agregado pétreo del mortero y comprobar la viabilidad de su uso.

Parte experimental

Materiales

El mortero con el que se realizaron las pruebas está compuesto por cemento portland, agua, agregado pétreo de la región y una sustitución de sargazo previamente tratado en porcentajes de 5, 10, 15 y 20%; los cuales fueron comparados con un mortero regular para determinar su eficiencia.

Sargazo

El sargazo fue recolectado en su estado natural en las costas y lavado con agua a una temperatura con el objetivo de eliminar impurezas superficiales, posterior mente se realizó un lavado químico el cual consistió en la inmersión del material en una solución de agua destilada e hidróxido de sodio (NaOH) en proporciones de 40g por cada litro de agua (fig. 1), por último se sometió el material a un proceso de deshidratación (fig. 2-A) y se trituro con el fin de obtener una granulometría fina similar a el agregado comúnmente utilizado en la zona y el cual será sustituido parcialmente (fig. 2-B).



Figura 1 Recolección y lavado del material



Figura 2 Deshidratación y triturado del material

Se realizó la caracterización del material resultante obteniendo su granulometría, peso volumétrico, peso específico seco suelto, peso específico seco compacto, contenido de humedad y capacidad de absorción. Esta caracterización se llevó a cabo bajo los mismos procedimientos y normativas utilizados en la caracterización del material pétreo.



Figura 3 Caracterización del material de sargazo

Agregado Pétreo

Se realizó la caracterización del material pétreo como agregado en la región, el cual es determinado comúnmente utilizado como piedra caliza extraída de bancos de material y triturada como agregado fino.

De igual manera se realizó la caracterización del material, obteniendo su granulometría, peso volumétrico, peso específico seco suelto, peso específico seco compacto, contenido de humedad y capacidad de absorción.



Figura 4 Granulometría del agregado pétreo



Figura 5 Caracterización del material pétreo

Dosificación

De acuerdo con el manual de dosificación de morteros, las cantidades de material para un mortero diseñado para ser utilizado como recubrimiento de muros son las que se muestran en la tabla 1. El mortero se diseñó con una resistencia de diseño de 75kg/cm³, una fluidez de entre 100% y 120% y con una relación agua/cemento de 0.99.

Dosificación de material por metro cúbico de mortero (Kg)					
Material	Porcentajes de sustitución				
	0%	5%	10%	15%	20%
Cemento	325	325	325	325	325
Agua	320.35	320.35	320.35	320.35	320.35
Agregado fino	1669.93	1586.44	1502.94	1419.44	1335.95
Sargazo	0.000	27.909	55.818	83.726	111.635

Tabla 1 Dosificación de los materiales

Elaboración de muestras

Una vez definidas las proporciones de cada material y en las diferentes dosificaciones, se prosiguió a elaborar las muestras para las pruebas mecánicas y térmicas.

Para las pruebas mecánicas se elaboraron cubos de concreto de 5cm de espesor.



Figura 6 Elaboración de muestras para pruebas mecánicas

Para las pruebas térmicas se elaboraron muestras por cada porcentaje de sustitución, en 2 pruebas de conductividad, una prueba por conducción y otra por convección. Las pruebas de conducción se hicieron con muestras de mortero circulares con 2" de diámetro y 1/2" de espesor (Fig. 7- A) y las pruebas de convección se realizaron con muestras rectangulares de 30cm de largo, 10cm de ancho y 1/2" de espesor (fig. 7-B).



Figura 7 Elaboración de muestras para pruebas térmicas

Resistencia Mecánica

La resistencia a la compresión del mortero se determinó fracturando las muestras cubicas en una prensa hidráulica para ensayos de compresión, esta se determinó a partir de la carga de ruptura dividida entre la sección que resiste la carga, es decir el área de contacto.



Figura 8 Ensayo de resistencia a la compresión

Conductividad Térmica

Se evaluó la conducción térmica del mortero por medio del método de medidor de flujo de calor protegido, para el cual se usó el equipo "DTC 300" para mediciones de flujo de calor en materiales. Este equipo emplea un módulo calorimétrico, ubicado en el estante inferior, para la medición y un horno lateral protegido para prevenir pérdidas de calor en los bordes. La resistencia de contacto se minimiza mediante la aplicación de una carga neumática al estante de pruebas y el uso de un compuesto de interfaz con conducción térmica.



Figura 9 Ensayos de conductividad térmica

Transmitancia Térmica

La transmitancia térmica es la conductividad del material por el método de convección, el cual se midió por el método de la caja caliente, midiendo el flujo de calor de la placa por media una cámara de transferencia de calor.



Figura 10 Ensayos de transmitancia térmica

Calor Específico

La medición del calor específico del mortero se realizó por medio del equipo DSC-Q200 el cual realiza una medición de escaneo de calorimetría diferencial para la obtención de resultados.

Para este equipo se utilizaron muestras menores a los 10 miligramos, obtenidas de las muestras más grandes al triturarlas.



Figura 11 Determinación del Calor Específico

Densidad y Absorción

La densidad del mortero se determinó por medio del método de la determinación de la densidad aparente midiendo el peso de la muestra y dividiéndola entre el empuje hidrostático que esta misma tiene hacia la superficie, teniendo en cuenta la densidad del líquido auxiliar (fig. 12-A). La absorción fue determinada por el método de diferencia de pesos, teniendo el peso de la muestra completamente seca y el peso de la misma sumergido en agua por 24 horas, para determinar su porcentaje de agua absorbida (fig. 12-B).



Figura 12 Determinación de la densidad y absorción del mortero

Resultados y Discusión

Tratamiento del material de sustitución

Al efectuar el tratamiento del alga se observó una reducción del volumen del material muy significativa y se tomaron las medidas necesarias para obtener un coeficiente de reducción, comparando el volumen del alga en su estado de recolección y el volumen final después de su tratamiento, considerando las pérdidas de material durante su tratamiento, la deshidratación y el cambio en la estructura química después del lavado con NaOH.

Al término del tratamiento del material, obtuvimos un 11.11% del volumen de la cantidad original del sargazo recolectado, por lo tanto se propone realizar el tratamiento “in situ”, es decir tratar el material directamente en el lugar de recolección para economizar gastos en transporte desde el lugar de recolección, logrando de esta manera transportar hasta 10 veces más material útil para su uso como material en el ámbito constructivo.

Caracterización de materiales.

Caracterización del material de sargazo.

La caracterización del material después de su tratamiento obtuvo los datos mostrados en el grafico 1 y en la tabla 2.

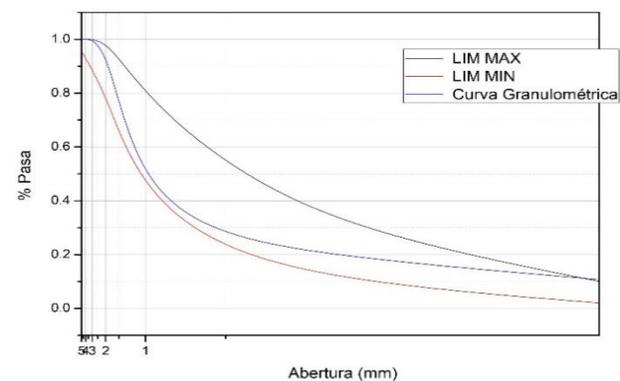


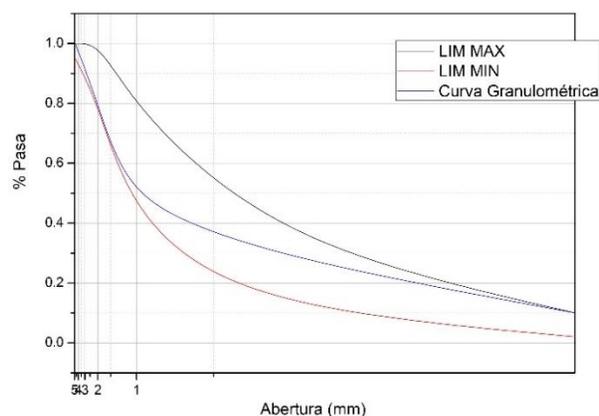
Grafico 1 Curva granulométrica del material de sargazo

Propiedades	Sargazo tratado
Peso específico	968.25 Kg/m3
Peso volumétrico seco suelto	305.06 Kg/m3
Peso volumétrico seco compacto	415.54 Kg/m3
Contenido de humedad	9.225%
Absorción	17.72%
Módulo de finura	2.90

Tabla 2 Resultados de caracterización del material de sargazo

Caracterización del material pétreo

La caracterización del material pétreo de la región obtuvo los datos mostrados en el grafico 2 y en la tabla 3. Podemos observar que el material resulta ser muy ligero en comparación de otros materiales de construcción, sin embargo el porcentaje de absorción es muy alto, por lo cual existen impedimentos en el colado del material, demostrando una cualidad hidrofílica.


Gráfico 2 Curva granulométrica del agregado fino

Propiedades	Material Pétreo
Peso específico	2898.80 Kg/m ³
Peso volumétrico seco suelto	1487.50 Kg/m ³
Peso volumétrico seco compacto	1649.30 Kg/m ³
Contenido de humedad	0.335%
Absorción	2.95%
Módulo de finura	2.93

Tabla 3 Resultados de caracterización del agregado fino

Fluidez

Se realizó la prueba de fluidez para determinar el contenido mínimo del agua que requiere para que la mezcla sea lo suficientemente fluida y poder medir la plasticidad y trabajabilidad del mortero. Esta prueba consiste en obtener el porcentaje que aumenta el diámetro original de la base de un cono truncado formado previamente con un molde al centro de una mesa de fluidez (fig. 13- A), la medición del diámetro final se realiza después de que la mesa ha sido sometida a una serie de caídas por medios mecánicos (fig. 13-B). El mortero fue diseñado para tener una fluidez de entre 100 y 120%.


Figura 13 Pruebas de fluidez en el mortero

Las muestras con adición del material de sustitución requirieron un aumento en el agua añadida debido a la absorción del material en cuestión.

A mayor porcentaje de sustitución mayor necesidad de agua añadida. Debido a la cantidad de agua que estaba siendo añadida se buscó tener el límite inferior de la fluidez de diseño (entre 100% y 120%) para utilizar la menor cantidad de agua, debido a que la resistencia del mortero es determinada por la relación agua/cemento y a mayor cantidad de agua menor sería la resistencia.

Porcentaje de sustitución	Diámetro		Fluidez	Agua añadida
	Inicial	Final		
0%	7	14.5	107.14%	0.00%
5%	7	14.2	102.86%	39.06%
10%	7	14	100.00%	70.31%
15%	7	14	100.00%	93.75%
20%	7	14	100.00%	117.19%

Tabla 4 Fluidez y porcentajes de agua añadida

Propiedades físicas del mortero endurecido

Los resultados del mortero de resistencia mecánica, absorción y densidad se muestran en la tabla 5.

Propiedades	Unidad	0%	5%	10%	15%	20%
Resistencia Mecánica	Kg/cm ²	192.40	75.86	23.33	9.20	7.60
Absorción	%	9.18	12.77	16.25	19.56	22.22
Densidad	g/cm ³	2.027	1.868	1.753	1.711	1.684

Tabla 5 Resultados de pruebas físicas del mortero

Resistencia Mecánica

En el gráfico 3 podemos observar cual es el aumento de cada uno de los porcentajes de sustitución con respecto a los días de curado, en este podemos observar que los porcentajes más altos no tuvieron un aumento significativo en la resistencia, al igual que podemos observar que solo el 5% alcanzó la resistencia con la cual fue diseñada el mortero (75kg/cm²) mientras que el 10% alcanzó una resistencia ligeramente aceptable para morteros de recubrimiento, mientras que los porcentajes de 15 y 20 % se determinaron como resistencias muy bajas.

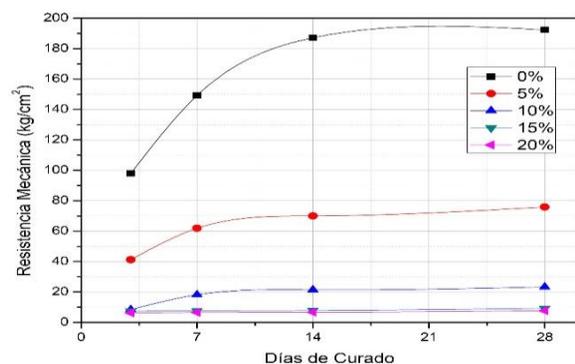


Gráfico 3 Aumento de resistencia a la compresión de cada porcentaje de sustitución

En el gráfico 4 podemos observar una caída en la resistencia mecánica del mortero con respecto al aumento del porcentaje de sustitución del agregado, lo cual determina que a mayor uso del alga como sustituto, es menor la resistencia del mortero.

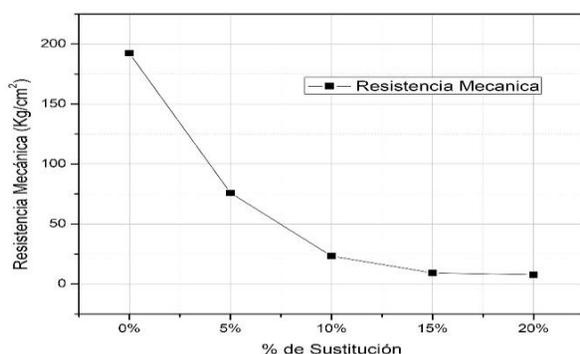


Gráfico 4 Resistencia mecánica en relación al aumento de sustitución del agregado pétreo

Densidad

La densidad es una propiedad estrechamente ligada con la conductividad térmica, Asdrubali (2015) demuestra que a menor densidad, es menor la conductividad térmica del material. En el gráfico 5 podemos observar que a mayor porcentaje de sustitución, es menor la densidad, por lo cual podemos concluir que el mortero es más ligero al tener mayor sustitución y por consiguiente tiene una conductividad térmica menor.

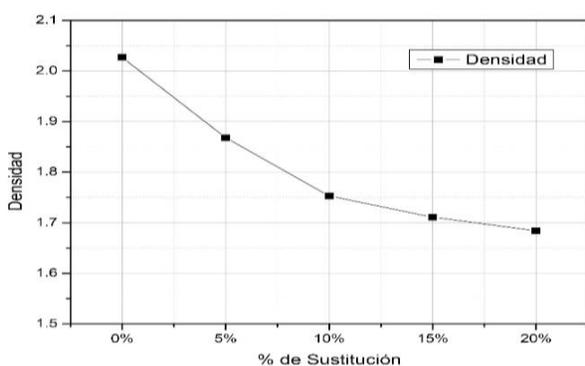


Gráfico 5 Densidad de cada porcentaje de sustitución del agregado

Absorción

La absorción del material se expresa en el gráfico 6, en el cual se puede observar que a mayor porcentaje de sustitución es mayor la absorción del material, debido a las características hidrofílicas de las fibras del sargazo, lo cual no es adecuado para el muro de recubrimiento, ya que retiene la humedad y puede llevar a la proliferación de hongos.

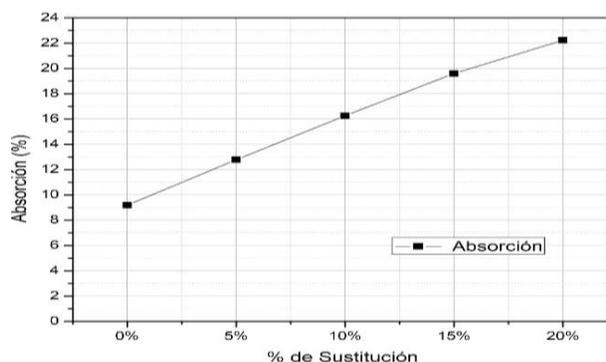


Gráfico 6 Absorción de cada porcentaje de sustitución del agregado

Propiedades Térmicas

A continuación, se muestran los resultados de las propiedades térmicas de conductividad térmica, transmitancia térmica y calor específico, tabla 6.

Propiedades	Unidad	0%	5%	10%	15%	20%
Conductividad Térmica (Conducción)	w/mK	0.788	0.519	0.397	0.236	0.211
Transmitancia Térmica (Convección)	w/mK	0.630	0.536	0.523	0.474	0.405
Calor Específico	J/g°C	0.884	0.893	0.902	0.911	0.920

Tabla 6 Resultados de propiedades térmicas

Conductividad Térmica

Como se observa en el gráfico 7, la conductividad térmica incrementa al aumentar el porcentaje de sustitución, por lo cual se concluye que el uso del alga reduce la transferencia de calor del material por conducción.

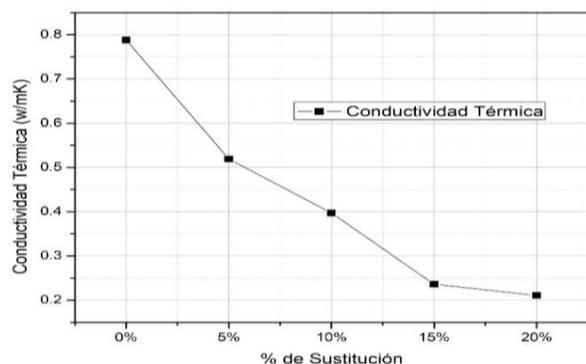


Gráfico 7 Conductividad térmica de cada porcentaje de sustitución del agregado

Transmitancia Térmica

Como se observa en el gráfico 8, la conductividad térmica incrementa al aumentar el porcentaje de sustitución, por lo cual se concluye que el uso del alga reduce la transferencia de calor del material por convección.

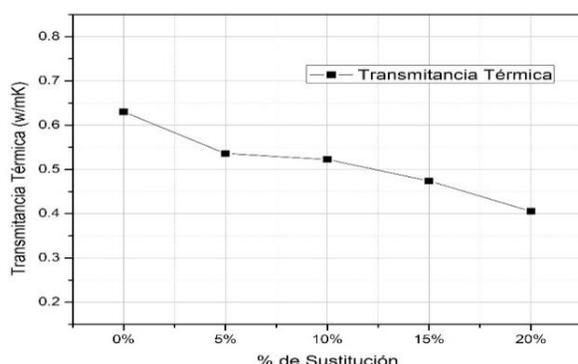


Gráfico 8 Transmitancia térmica de cada porcentaje de sustitución del agregado

Calor Específico

El calor específico aumenta en medida que aumenta la sustitución del agregado en el mortero, lo cual quiere decir que a mayor sargazo, es mayor la energía que el material puede absorber antes de empezar a calentarse, tal y como podemos observar en el gráfico 9.

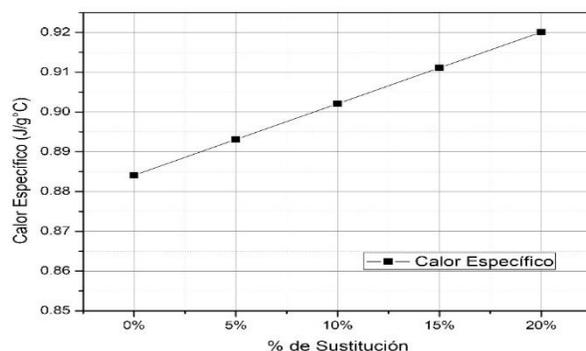


Gráfico 9 Calor específico de cada porcentaje de sustitución del agregado

Conclusiones

Al término del tratamiento, el material corresponde solamente a un 11% del volumen del material recolectado, por lo tanto es recomendable realizar un tratamiento "In situ" para reducir los costos de transporte del material. Los resultados de la caracterización muestran una similitud en la granulometría del material sustituto con el agregado fino y una gran diferencia en pesos por lo cual se pueden hacer morteros más ligeros para reducir la carga a las estructuras, sin embargo su retención de agua es mayor y afecta la resistencia en los porcentajes de sustitución más elevados.

Debido a las características hidrofílicas del material tratado proveniente del alga de sargazo, el mortero exige una mayor cantidad de agua en su diseño para alcanzar la fluidez requerida, lo cual aumenta la relación agua/cementante del mortero y por consiguiente reduce su resistencia.

Los resultados en las características térmicas fueron satisfactorios, a mayor material de sargazo como sustitución del agregado pétreo, menor es la transferencia de calor tanto por conducción como por convección, lo cual significa que la temperatura interior de una edificación puede durar más tiempo antes de calentarse por las incidencias solares. De igual manera los resultados del calor específico fueron satisfactorios, al aumentar el calor específico logramos que el material requiera una mayor energía para calentarse, lo cual es una solución para la retención de calor en los muros de concreto.

Analizando los resultados térmicos y los mecánicos del mortero podemos concluir que a pesar de tener una reducción en la resistencia a la compresión, es posible utilizar el sargazo como sustituto del agregado fino, en porcentajes muy bajos, teniendo como porcentaje ideal el de 5%, en el cual la resistencia es aceptable y el mejoramiento térmico es notable.

Para su uso como mortero de recubrimiento con aislamiento térmico es necesario reducir el rango de porcentajes de sustitución, en los cuales la resistencia y adherencia sean óptimas para su aplicación, proponiendo un nuevo rango de investigación entre 0 y 10%.

El principal problema del sargazo para ser eficiente en construcción es su absorción, por el cual el agua se almacena en el muro creando zonas de proliferación de hongos o bacterias y al liberar esta misma quedan espacios vacíos los cuales provocan una caída en la resistencia.

Agradecimientos

Al TecNM por el apoyo que se le proporciona a los investigadores y el financiamiento de los proyectos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero que brinda su sistema de becas del programa de nacional de posgrados de calidad para la investigación y el desarrollo tecnológico.

Al Centro de Investigación de Materiales Avanzados y al Dr. Daniel Lardizábal Gutiérrez por el apoyo técnico en las mediciones de las propiedades térmicas del material y el asesoramiento en los temas relacionados con las mismas.

Referencias bibliográficas

[1] F. Asdrubali, F. D'Alessandro, S. Schiavoni. A review of unconventional sustainable building insulation materials.4 (2015) 1-17.

[2] V. Corinaldesi, A. Mazzoli, R. Siddique. Characterization of lightweight mortars containing Wood processing by-products waste. 123 (2016) 281-289.

[3] F. Fernández, C. J. Boluda, J. Olivera, L. A. Guillermo, B. Gómez, E. Echavarría, A. M. Gómez. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la republica dominicana durante 2015. 44 (2017) 11-22.

[4] N. U. Kockal. Investigation about the effect of different fine aggregates on physical, mechanical and thermal properties of mortars. 124 (2016) 816 – 825.

[5] N. Benmansour, B. Agoudjil, A. Gherabli, A. Kareche, A. Boundenne. Thermal and mechanical performance of natural mortar reinforced with date palm fibers for use as insulating materials in building. 81 (2014) 98-104.

[6] S. O. G. Osseni, C. Ahouannou, E. A. Sanya, Y. Jannot. Investigation on the use of the cement mortar containing banana fibers as thermal insulator in building. 4 (2016) 1142-1152

[7] L. F. Liu, H. Q. Li, A. Lazzaretto, G. Manente, C. Y. Tong, Q. B. Liu, N. P. Li. The development history and prospects of biomass-based insulation materials for buildings. 69 (2017) 912-932.

[8] I. Boulaoued, I. Amara, A. Mhimid. Experimental Determination of Thermal Conductivity and Diffusivity of New Building Insulating Materials. 34 (2016) 325-331.

[9] B. I. Van Tussenbroek, H. A. Hernandez, R. E. Rodriguez, J. Espinoza, H. M. Canizales, C. E. Gonzáles. M. G. Barba-Santos, A. Vega, L. Collado. Severe impacts of Brown tides caused by Sargassum spp. On near Caribbean seagrass communities. 122 (2017) 272-281.

[10] M. G. Gomes, I. Flores, L. M. Manga, A. Soares, J. de Brito. The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars. 135 (2017) 279-286.

[11] S. Widolo, F. Ma'arif, B. S. Gan. Thermal conductivity and compressive strength of lightweight mortar utilizing Pumice breccia as fine aggregate. 171 (2017) 768-773.

[12] R. E. Rodriguez- Martinez, B. V. Tussenbroek, E. Jordán- Dahlgren. Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del caribe mexicano. (2017)

[13] L. A. G. Puc-Ortiz (2009). Caracterización térmica de morteros utilizados en acabados de edificaciones y viviendas en la ciudad de Chetumal Quintana Roo. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Chetumal. Quintana Roo, México. p. 4.

[14] S. O. G. Osseni, C. Ahouannou, E. A. Sanya, Y. Jannot. Hot plate method with two simultaneous temperature measurements for thermal characterization of building material. (2017) 38-81.

[15] [4] M. Chikhi, B. Agoudjil, A. Boudenne, A. Gherabli. Experimental investigation of a new biocomposite with low cost for thermal insulation. 66(2013) 267-273

Diseño de un sistema perfilador de bajo costo y efectivo para la determinación de rugosidad en vías terrestres asfaltadas

Cost-Effective system design for an asphalted-highway roughness profiler

GUTIERREZ-VILLALOBOS, Jose M.†*, MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, CHAVEZ-CARDENAS, Xhavier y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Av. Javier Barros Sierra 201 Col. Ejido de Santa María del Refugio C.P. 38140 Celaya, Gto. México

ID 1^{er} Autor: José Marcelino, Gutiérrez-Villalobos / ORC ID: 0000-0001-5947-1489, Researcher ID Thomson: S-7666-2018, CVU CONACYT ID: 173461

ID 1^{er} Coautor: Jatziri Yunuén, Moreno-Martínez / ORC ID: 0000-0002-6798-2067, Researcher ID Thomson: S-8441-2018, CVU CONACYT ID: 237707

ID 2^{do} Coautor: Xavier, Chávez-Cárdenas / ORC ID: 0000-0001-6691-4380, Researcher ID Thomson: F-3210-2018, CVU CONACYT ID: 269911

ID 3^{er} Coautor: Hiram, Arroyo-Chávez / ORC ID: 0000-0002-8343-698X, CVU CONACYT ID: 70975

DOI: 10.35429/JCE.2019.10.3.10-18

Recibido 03 de Septiembre, 2019; Aceptado 09 Noviembre, 2019

Resumen

El constante transitar de camiones con grandes cargas o vehículos demasiado pesado circulando por las vías terrestres del territorio nacional, origina el deterioro prematuro de las carreteras y los caminos pavimentados con asfalto que conectan al país. Esto además del daño originado por las condiciones climáticas de la zona o región donde se encuentran construidas tales vías de comunicación. Este trabajo está enfocado al diseño y construcción de un sistema capaz de calcular y estimar el deterioro que ha sufrido una carretera, avenida, calle o camino que estén construidos con superficies asfaltadas, las cuales requieren un mantenimiento periódico y eventualmente se necesita saber su estado físico de manera cuantitativa. Este equipo realiza las mediciones por medio de un sensor que mide el tiempo de vuelo de la luz (laser), mientras un vehículo se desplaza a una velocidad constante sobre la superficie de estudio. A diferencia de la estimación con equipos comerciales que requieren que la medición sea mecánica o física usando la técnica de medio carro enganchado a un vehículo o los perfiladores ópticos que resultan costosos. La contribución de esta propuesta consiste en el diseño de la etapa electrónica para la adquisición de datos y el uso de un sensor óptico económico pero preciso, con el cual se puede calcular con gran precisión el índice de rugosidad, sin la necesidad de un dispositivo mecánico que tenga contacto físico con la superficie. Con la metodología que conlleva, las ecuaciones de diseño, su funcionamiento y validación.

Perfilómetro, IRI, Estimación de rugosidad

Abstract

The constant transit of trucks with large loads or too heavy vehicles circulating on the roadways of the national territory, causes premature deterioration of the asphalted freeways and roads, which keep country connected. All of this, in addition to the damage caused by the climatic conditions of the area or region where such communication roads are built. This work is focused on the design and construction a system capable of calculating and estimating the deterioration suffered on a road, avenue, street or road that are built with asphalted surfaces, which require periodic maintenance and occasionally their physical condition needs to be known in a quantitative manner. This equipment makes the measurements by means of a sensor that measures the flight time of the light (laser), as a mobile moves at constant speed on the study surface, opposite to the estimation with commercial equipments that require a mechanical or physical measurement by using the technique of half-car attached to a vehicle or the expensive optics profilers. The contribution of this project consists in the design of the electronic stage for data acquisition and the use of an economical but effective optical sensor, which is employed to calculate the roughness index with great precision, without the need for a mechanical device that has physical contact on the surface. With the methodology involving the equations of design, form of operation and validation.

Profilometer, IRI, Roughness estimation

Citación: GUTIERREZ-VILLALOBOS, Jose M., MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, CHAVEZ-CARDENAS, Xhavier y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram. Diseño de un sistema perfilador de bajo costo y efectivo para la determinación de rugosidad en vías terrestres asfaltadas. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-10: 10-18

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: jmgutierrez@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Es muy importante en términos de costos, seguridad y confort, que cualquier usuario de una carretera, camino o calle pavimentada con asfalto, tenga una sensación confortable al conducir a lo largo de la superficie de un camino. En la actualidad las pruebas que se realizan en la mayoría de las carreteras de país, consisten en hacer un recorrido a lo largo de una carretera en la que se desea conocer su estado y es entonces que un conductor se desplaza sobre la vía terrestre a una velocidad constante y va emitiendo un juicio de manera subjetiva y cualitativa y no cuantitativa del estado de la carretera. Sin embargo, oficialmente estas pruebas deben estar basadas en un estándar que determina si el estado del camino se encuentra dentro o fuera de rangos, estas pruebas no aplican para caminos pavimentados con concreto hidráulico, ya que estas vías presentan muy poco o casi nulo deterioro con el tiempo, si embargo si pueden presentar que dada su longitud y construcción se presente el fenómeno resonancia en el desplazamiento de los vehículos a diferentes velocidades, pero eso es tema de otro trabajo.

El estándar utilizado para la verificación del estado de la carreteras, calles o caminos pavimentados con asfalto, es el índice internacional de rugosidad o IRI por sus siglas en Inglés, este índice se basa en recolectar una serie de datos o mediciones sobre la superficie del camino a verificar. Comúnmente el sistema más utilizado para esta tarea es el esquema de 1/2 carro, el cual consiste básicamente en el uso de un neumático sujetado en la parte trasera de un vehículo el cual se desplaza a una velocidad constante, instalado el neumático se encuentra un sensor el cual tiene forma de pistón y tiene una carrera, es decir, se puede entrar o salir una varilla dentro de un cilindro y dicho desplazamiento se convierte en una señal eléctrica la cual se va registrado en un sistema computacional, al final de la prueba dichos datos son graficados y en dicho software se establece el parámetro para determinar a partir de que valor las elevaciones o depresiones se toman como de consideración y finalmente se obtiene un promedio de cuantas señales están fuera de rango por cada kilómetro y en base a cuantos metro por kilómetro se encuentran dañados es que se determina si el camino o carretera esta moco, medio o muy dañado.

Justificación

Se requiere construir un sistema de bajo costo, preciso y efectivo para medir el nivel de rugosidad que tiene las vías de comunicación terrestres pavimentadas, para emitir un perfil sobre el estado físico del camino y así las autoridades determinen sus mantenimientos de forma periódica.

Problema

Tener un equipo para medir el IRI no resulta barato y en ocasiones su instalación tampoco es sencilla, desde los sistemas que utilizan mecánicos rodantes colocados al vehículo de inspección como un neumático adicional, conocido como método de 1/4 de carro, en los cuales se instalan los sensores que miden los desplazamientos verticales del neumático para registrar las variaciones del camino, hasta sistemas ópticos que ya no requieren el sistema mecánico rodante pero que son costosos. Por otro lado, el sistema debe funcionar a diferentes velocidades y poder detectar afectaciones como grietas, elevaciones o depresiones.

Hipótesis

Se puede construir un sistema de bajo costo y efectivo para medir el IR de una vía terrestre asfaltada usando un sensor que mide el tiempo de vuelo de la luz de un láser, instalado en un vehículo.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar y construir un sistema de medición de no contacto, que no requiera un sistema mecánico rodante, con base un sensor óptico para medir el tiempo de vuelo de un láser (VL53L0X) y un sistema de adquisición de rápido prototipado con un procesador ATmega2560.

Objetivos específicos

- Construir el sistema de adquisiciones para las señales de los sensores requeridos como el encoder y el sensor de tiempo de vuelo, utilizando un sistema mínimo de rápido desarrollo.

- Hacer una validación del desempeño del sistema evaluando los perfiles generados a diferentes velocidades.

Marco Teórico

El IRI se propuso por el Banco Mundial en 1982 (William D. O., 1984), y fue aceptado hasta 1986 (Michael W. and Sayers 1990), en ese índice quedan explicados los pasos para poder determinar el estado de una carretera pavimentada con asfalto, porque también están las pavimentadas con concreto hidráulico, pero este trabajo está enfocado únicamente al pavimento de asfalto. El trabajo que presentaron por Nueraihemaitjiang (2016), presenta una buena propuesta donde se realiza un sistema perfilador en conjunto con el programa de ArcGIS con buenos resultados, utilizando un sistema de tiempo real pero que colecta los datos de la suspensión del vehículo, lo que resulta complicado de instalar.

Por otro lado, la propuesta presentada por Chang *etal* (2009), emplea un carro autónomo y muestra el uso de un sensor laser, pero el vehículo al ser auto operado, se desplaza a bajas velocidades convirtiéndolo en una alternativa para valoración de instalaciones como edificios o estacionamientos. El resumen de estos sistemas presentado por Kogbara *etal* (2016), es una buena presentación del estado del arte en el que se encuentran dichos sistemas de estimación y se puede observar por otros trabajos como el de Pawar *etal* (2018) y Qin *etal* (2019), de que este tema es aún de interés, ya que en ellos se estudia como la respuesta de oscilación del vehículo está directamente relacionada con la superficie del camino y como algunas modificaciones en la sucesión pueden ayudar a disminuir estas vibraciones.

Otra propuesta similar a la que se presenta en el presente trabajo, es la de Wang *etal* (2011), donde presentan un sistema para medir la textura el pavimento, pero el equipo utilizado es de un alto costo, su diseño lo hacer adecuado para estudio de tramos con superficies cortas, como una calle o avenida. Oldrich Kropa and Peter Muckab 2005, nos previenen de no considerar el IRI como un indicador de desnivel de la superficie de un camino, esto es importante porque se debe hacer una correcta selección de parámetro a observar en las carreteras o autopistas, ya que las elevaciones juegan un papel importante en el confort y seguridad de los usuarios.

Sensor de tiempo de vuelo

Este dispositivo VL53L0X, llamado medidor de tiempo de vuelo o ToF por sus siglas en inglés el cual se observa en la figura 1, resulta vital, para la construcción de esta propuesta y es la pregunta clave para este trabajo, si es que podrá medir la variaciones de elevación de la superficie, permite medir o calcular la distancia de un objeto dentro de un rango absoluto de hasta 2 metros (en condiciones ideales), dicho sensor hace uso del tiempo que le lleva a un haz de luz (imperceptible por la vista humana) reflejarse sobre una superficie y ser detectado, con una resolución de hasta 1 milímetro, gracias a un su sistema de compensación óptico embebido y cuenta con una salida de comunicación con protocolo I2C.

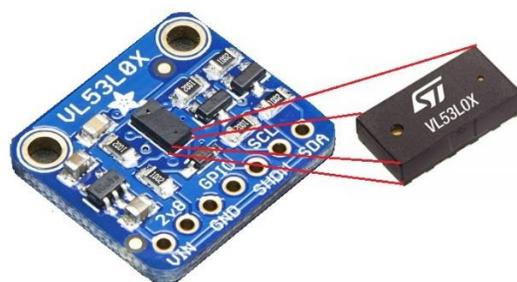


Figura 1 Sensor de tiempo de vuelo VL53L0X

El ángulo de apertura que tienen tanto el emisor como el receptor es de $\alpha=35^\circ$ y $\beta=25^\circ$ respectivamente, que debe ser tomado en cuenta para su colocación del módulo dentro de los que es su caja de colocación y transporte para que no interfiera con su funcionamiento., además para calcular el área de cobertura del sensor como se verá más adelante. Cuando inicia el equipo, el sistema esta esperado que el usuario realice una medición inicial (la que hemos denominado altura absoluta (botón de Tara en la aplicación del dispositivo móvil) lo que se puede apreciar en la figura 2a, la cual se resta a las mediciones siguientes llamadas alturas relativas y con esta diferencia se obtiene la altura actual, de esa forma se detectan las deformaciones o afectaciones de la superficie, cuando la altura o distancia actual medida por el sensor (después de la distancia absoluta) es negativa esto quiere decir que la distancia actual es inferior que la distancia inicial y por lo tanto se ha detectado una cresta (figura 2b), en cambio si en la medición la distancia es superior a la inicial y la diferencia es positiva, esto quiere decir que se ha encontrado un valle (figura 2c). Esto queda explicado en la ecuación 1.

$$H_{actual} = H_{relativa} - H_{absoluta} \quad (1)$$

Donde:

H_{actual} = la altura real de la falla en mm

$H_{relativa}$ = la altura de la lectura actual en mm

$H_{absoluta}$ = la altura inicial hacia la superficie en mm

En condiciones de exterior, con luz y el color de la superficie del camino puede disminuir su rango precisión hasta en 12%, por lo que existe la necesidad de caracteriza el sensor y ver sus mediciones bajo diferentes condiciones de operación, como cantidad de luz solar (hora del día), el color del pavimento y la altura a la que debe colocar el sensor.

Se utilizan 2 sensores para cubrir un área de observación mayor al mismo tiempo, debido a que cada uno se encuentra a una altura de 25 cm sobre la superficie, el área que cada uno cubren es de aproximadamente 22 cm cada uno, los sensores están a una separación 60 cm entre ellos, el área de cobertura de cada sensor está dada por la ecuación (2).

$$A_{cobertura} = D_{sensor} * \left(\frac{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right) \quad (2)$$

Donde:

$A_{COBERTURA}$ = área de cobertura del sensor en cm²

D_{sensor} = altura a la que se coloca el sensor en cm

β = ángulo en grados de apertura del colector del sensor

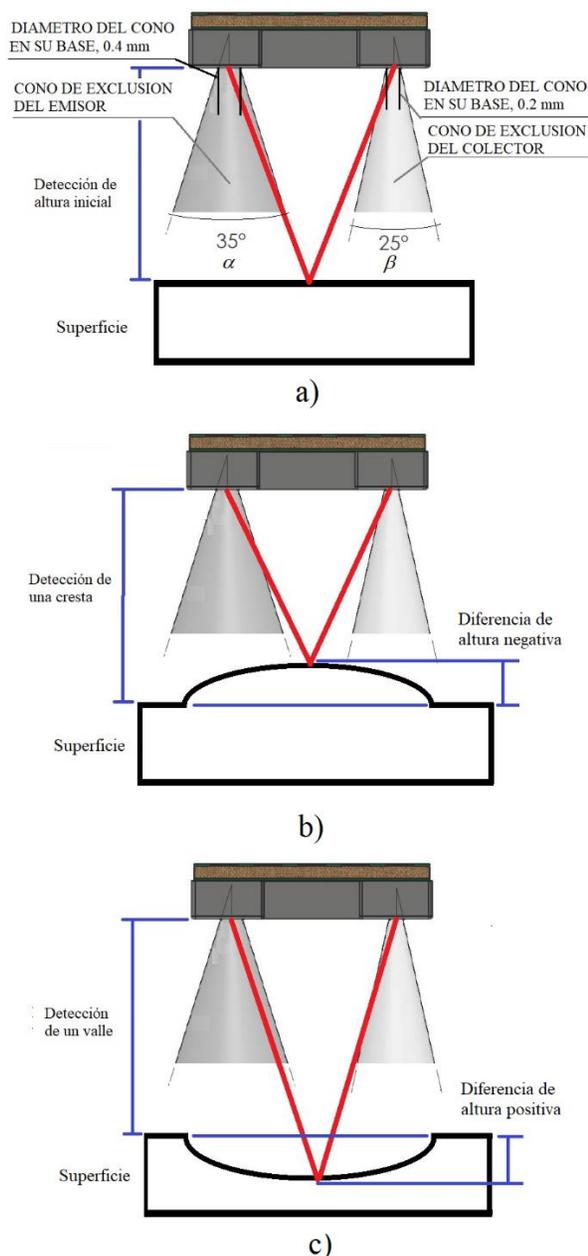
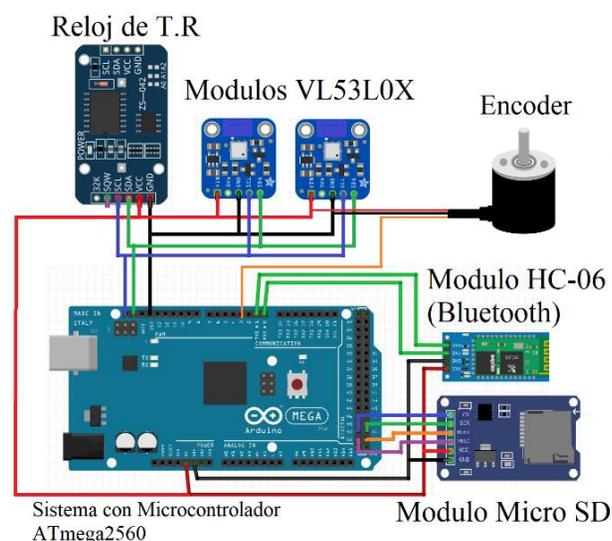


Figura 2 Ilustración de como se obtienen las afectaciones sobre la superficie del camino

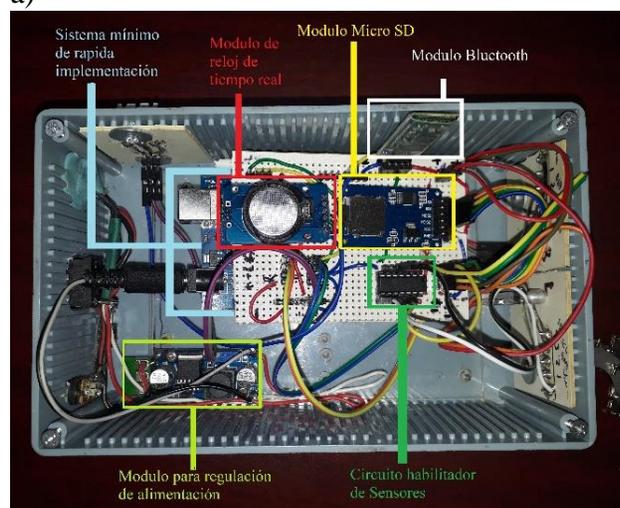
Sistema de adquisición

El sistema completo está conformado por un sistema mínimo, sin necesidad de una computadora. Dicho sistema es una tarjeta de rápida implementación basada en un microcontrolador ATmega2560, el cual tiene un cristal de 16 MHz, una memoria Flash de 256 KB, una memoria SRAM de 8 KB y una memoria EEPROM de 4 KB. Adicionalmente tiene 3 juegos de comunicación serial de los cuales usamos uno para la conexión del módulo Bluetooth, tiene puerto de comunicación I2C que es por donde se comunican los 2 sensores y el reloj de tiempo real, un conjunto de puertos para la comunicación SPI por la cual se comunica el modulo de la tarjeta lectora Micro SD.

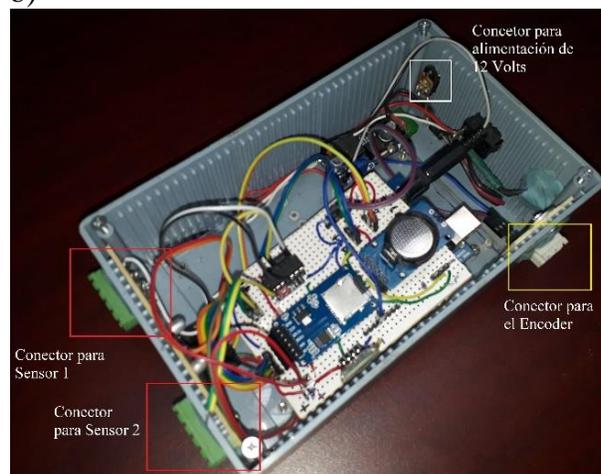
Las interconexiones electrónicas se pueden ver en el diagrama de la figura 3a, mientras que la figura 3b se ve físicamente como están interconectados los elementos del circuito y en la figura 3c, se observan los conectores para los sensores VL53L0X, el encoder y la alimentación.



a)



b)



c)

Figura 3 Sistema perfilador, a) diagrama de interconexión electrónica, b) colocación de los diferentes elementos y c) conectores para los dispositivos externos, respectivamente

Operación del sistema

La interface para controlar el sistema es una aplicación desarrollada para este proyecto MIT inventor, por medio de comunicación bluetooth con un dispositivo móvil, una vez iniciada la comunicación y con el vehículo estático, se introduce el radio de la llanta de la camioneta, esto determinara el desplazamiento de la llanta por cada revolución, posterior se introduce el periodo de muestreo, esto es a que distancia se debe realizar la medición de la altura de los sensores, la cual puede ser a $\frac{1}{4}$ de metro, $\frac{1}{2}$ metro o 1 metro.

Aun sin comenzar el avance, se presiona el botón tara, que determinara la altura existente sobre la superficie lo más lineal posible, esta se convierte en altura absoluta como explica en secciones anteriormente. La figura 4, muestra la interface de control, para el perfilador, por ultimo los botones de off y on son para que se inicie y se detenga la adquisición de alturas. En el recuadro debajo de los botones se va mostrando el avance del vehículo que se tiene en el momento.



Figura 4 Interface de control del perfilador.

Las mediciones de altura registradas con el perfilador, quedan selladas con la fecha y la hora del reloj de tiempo real y son almacenadas en la memoria SD, para su posterior procesamiento. El tiempo real es necesario, ya que también se graba en video el recorrido realizado, para su revisión y análisis. En caso de encontrar anomalías de una profundidad o altura superior a la que se determine como permitida por el usuario, con el video y por el tiempo, se puede buscar y ubicar las afectaciones que se presenten en las gráficas.

Determinación del IRI

Para la determinación del índice de rugosidad se realiza por medio de la suma las alturas (valor absoluto) registradas por el sensor de tiempo de vuelo y almacenadas en el sistema, luego, este valor acumulado se divide entre la longitud que se usa como referencia, por ejemplo, m/km o in/mi y el resultado de ese cociente es el que determina al índice de rugosidad de dicha longitud o tramo de acuerdo a los valores establecidos por el IRI. Como se observa en la ecuación (3), presentada por Sayers and Michael W., (1995). Dicho índice puede observarse en la figura 5.

$$IRI = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i| * (0.01)}{D} \quad (\text{m/km}) \quad (3)$$

Donde

Y_i = Valor de cada medición positiva o negative registrada por el sistema en mm.

D = Longitud de referencia en km.

Esta escala será útil para el análisis posterior de los caminos recorrido y valorados por este sistema.

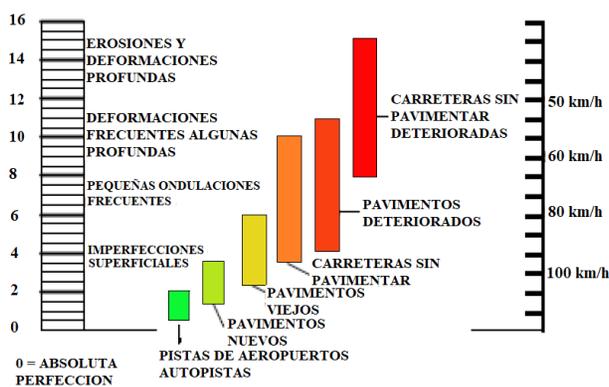


Figura 5 Escala del IRI y los estados generales de la superficie del pavimento

Estos valores se pueden observar en la tabla 1, que contiene los valores o escalas del IRI.

Estado del camino	Pavimento con asfalto IRI (m/km)
Muy bueno	< 3.2
Bueno	3.2 – 3.9
Regular	4.0 – 4.6
Malo	> 4.6

Tabla 1 Valores de IRI para una avenida asfaltada

Configuración del sistema

En la imagen 6, se muestra cómo esta monta todo el equipo de medición sobre el vehículo, el encoder va en la llanta trasera derecha viéndolo desde atrás, los sensores van en una barra que permite colocarlos a la distancia necesaria para que no interfieran entre ellos, pero tampoco permitir que la separación sea muy grande y se escapen las deformaciones de la superficie, aquí se dejaron a 60 cm de separación.

También se puede ajustar su altura con respecto la superficie del suelo, que en este caso fue de 25 cm. La cámara va montada en un brazo lo que la deja a una altura de 1.7 m, altura suficiente para que el ángulo de apertura de la cámara pueda grabar correctamente toda la superficie recorrida, la cámara utilizada es una cámara SONY modelo DSC-RX0G, que es una cámara de alta velocidad.



Figura 6 Configuración del sistema montado en el vehículo de prueba

Resultados

Con el sistema instalado en el vehículo, se hicieron varios recorridos por carreteras pavimentadas. Como se mencionó anteriormente, el uso de los 2 sensores obedece a cubrir más área con las mediciones, ellos se encuentran a la misma altura, por lo que se esperaba que las lecturas entre ambos sean similares, más no idénticas, porque las afectaciones son diferentes durante el trayecto. Para validar la propuesta se presentan imágenes de diversos trayectos recorridos, dichos trayectos se efectuaron en carreteras diferentes.

Primeramente, se hizo el recorrido sobre una carretera de 10 km relativamente nueva o en muy buen estado, con algunas grietas, pero la superficie generalmente pareja, con una velocidad promedio de 80 km/h y un índice de muestreo de 0.5 m, dado que el IRI se calcula en tramos de un kilómetro, se tendrían 10 tramos para este ensayo, a lo que se presenta uno de estos tramos con sus respectivos 2000 valores capturados. Con estos datos y los límites inferior y superior respectivamente, se lleva a cabo el cálculo del IRI por cada sensor y su respectiva gráfica como se muestra en la figura 7, donde observar el sensor derecho en la figura 7a, el sensor izquierdo en la figura 7b y finalmente con ayuda de la cámara es que se puede observar una foto del estado general de un tramo sobre la carretera recorrida y se pueden comparar los resultados de ambos sensores, al igual que la similitud entre el IRI de los dos.

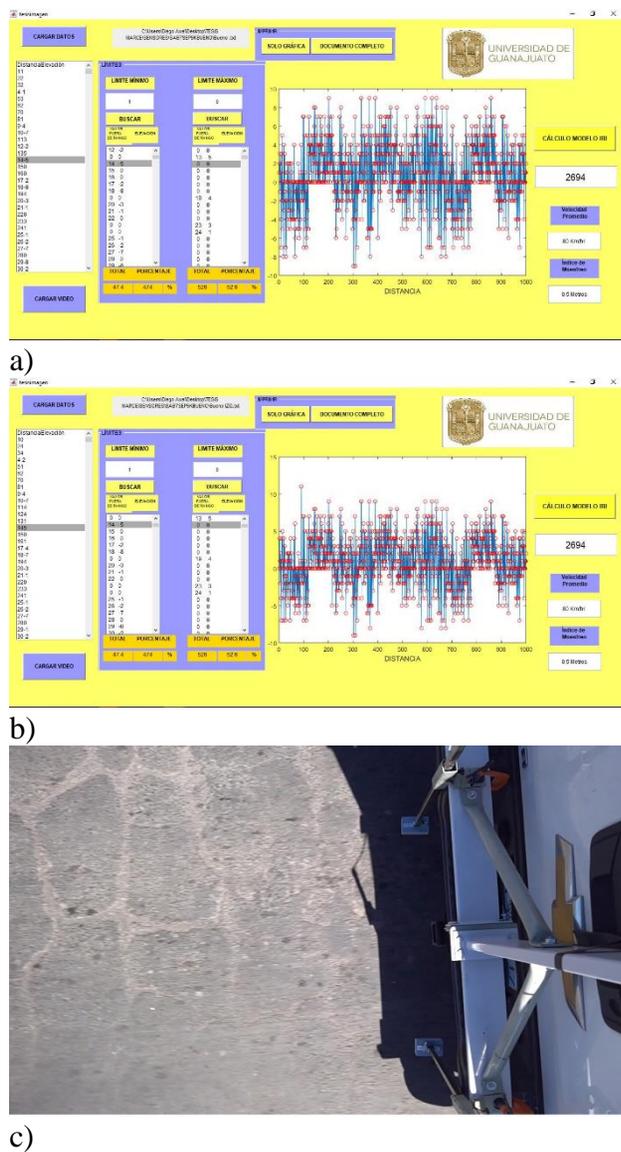


Figura 7 Tramo de un camino con regular estado, con una velocidad promedio de 80 km/k, un índice de muestreo de 0.5 m, a) sensor derecho, b) sensor izquierdo y c) foto de la superficie recorrida

En la figura 8, se muestra un tramo de otra carretera que es visible su deterioro y las afectaciones sobre la superficie, en este caso también este recorrido se realizó a 80 km/h con el mismo índice de muestreo de 0.5 m. También se presentan ambos sensores en un tramo de 1 km y sus 2000 muestras y se puede observar la similitud entre ambas gráficas y ambos IRI, además de una foto del estado de la superficie.

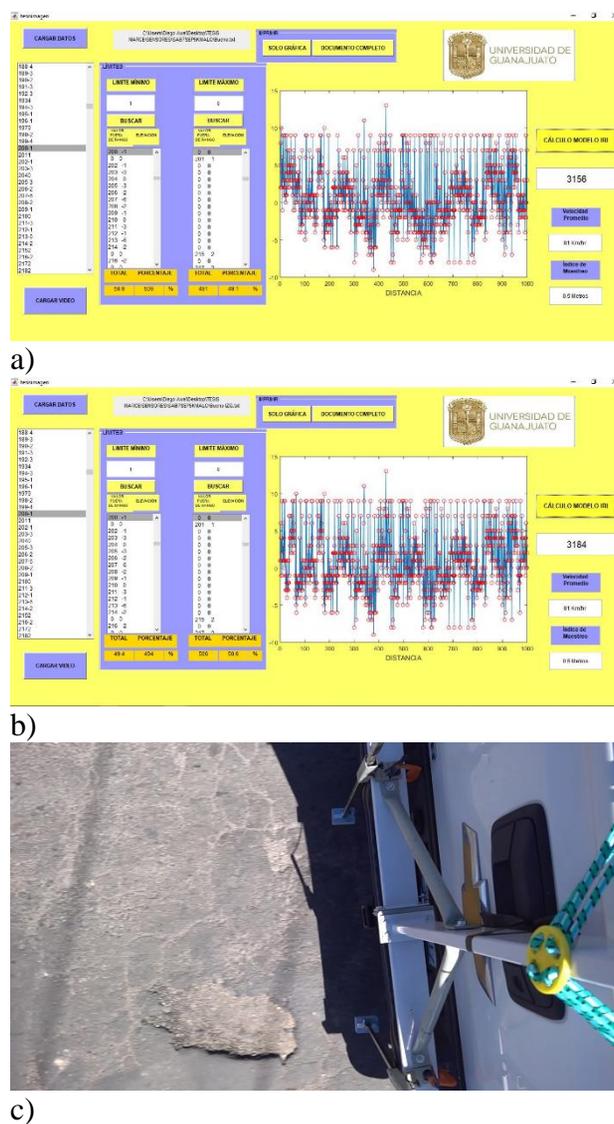


Figura 8 Tramo de un camino con notable deterioro a simple vista, con una velocidad promedio de 80 km/k, un índice de muestreo de 0.5 m, a) sensor derecho, b) sensor izquierdo y c) foto de la superficie recorrida

Finalmente, para comprobar el funcionamiento y desempeño del sistema, se hizo un recorrido por una tercera carretera pavimentada con una superficie también de regulares condiciones, en este caso se presenta el mismo tramo del recorrido en el mismo kilómetro, un periodo de muestreo también de 0.5 m, pero a diferentes velocidades.

En la figura 9 a) y b) se observa las gráficas del sensor derecho y del sensor izquierdo respectivamente de dicho kilómetro a una velocidad promedio de 20km/h.

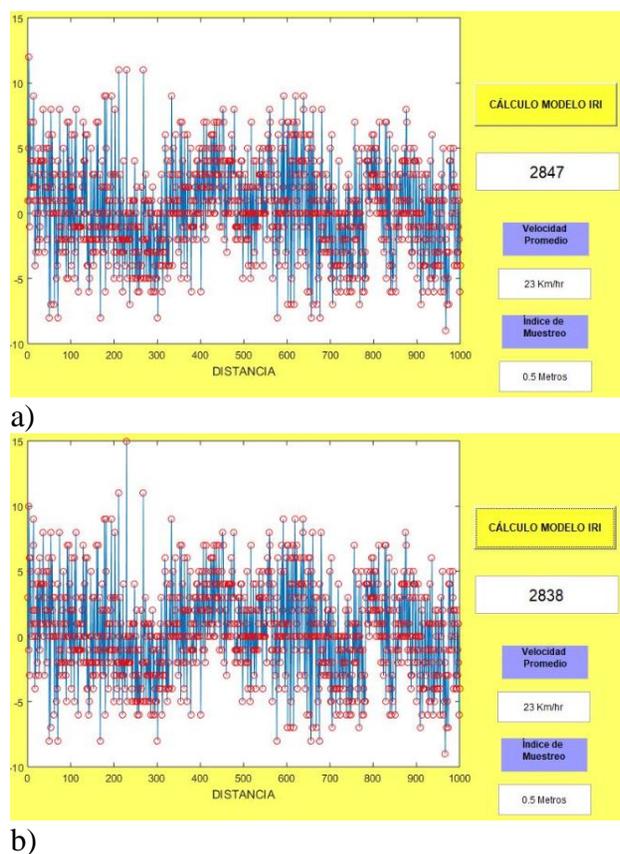


Figura 9 Tramo de un camino con algo de deterioro a simple vista, con una velocidad promedio de 20 km/h, un índice de muestreo de 0.5 m, a) sensor derecho y b) sensor izquierdo

En la figura 10 a) y b) se observa las gráficas del sensor derecho y del sensor izquierdo también del mismo kilómetro a una velocidad promedio de 50km/h. Por último, en la figura 10 a) y b) se observa las gráficas del sensor derecho y del sensor izquierdo nuevamente del mismo kilómetro a una velocidad promedio de 80km/h.

Los resultados mostraron una buena respuesta de las mediciones que se efectuaron sobre una misma carpeta asfaltada en el mismo tramo, de un trayecto de 10 km, pero se puede observar como a mayor velocidad las mediciones cambian un poco, pero esto obedece principalmente al efecto de la resonancia del periodo de camino con la velocidad del vehículo. Pero se puede determinar que a velocidades medias el cálculo del IRI es muy semejante y que a altas velocidades también es cercano, pero si se ve afectado.

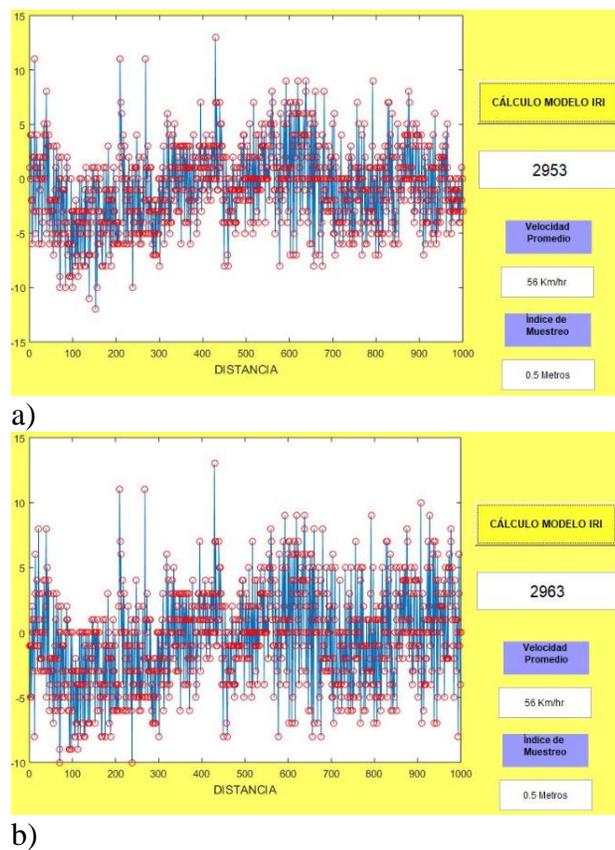


Figura 10 Tramo de un camino con algo de deterioro a simple vista, con una velocidad promedio de 50 km/h, un índice de muestreo de 0.5 m, a) sensor derecho y b) sensor izquierdo

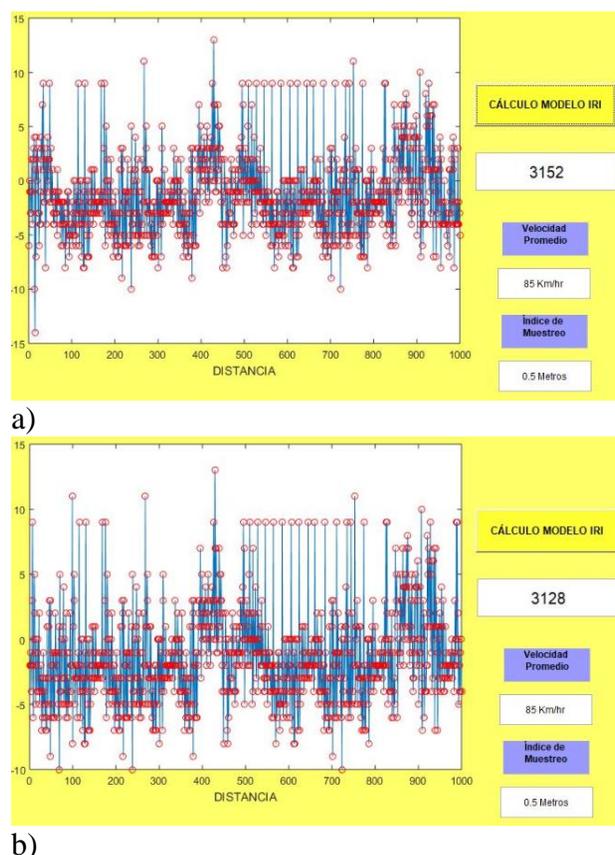


Figura 11 Tramo de un camino con algo de deterioro a simple vista, con una velocidad promedio de 80 km/h, un índice de muestreo de 0.5 m, a) sensor derecho y b) sensor izquierdo

Conclusiones

Se puede concluir de los resultados aquí presentados, que el sensor para medir el tiempo de vuelo propuesto en este trabajo, puede realizar la tarea de estar efectuando mediciones verticales aun cuando este se encuentra bajo un desplazamiento horizontal. Un parámetro que puede afectar de manera considerable los resultados será la velocidad de desplazamiento, pero principalmente por el fenómeno de resonancia, porque se puede observar que aun a 80 km/h el sistema puede efectuar mediciones cercanas a las realizadas con bajas y medias velocidades. Los valores de IRI obtenidos a medias y bajas velocidades son muy cercanas.

Es importante comentar que el sistema mínimo basado en el microcontrolador ATmega2560 también fue suficiente para la adquisición de las señales del encoder, los 2 sensores, acceder al reloj de tiempo real y guardar los datos en una memoria microSD sin perder los datos a un índice de muestro mínimo de 0.5 m y de 1 m.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por el apoyo y las facilidades brindadas. El primer autor agradece a la convocatoria CIIC2019.

Referencias

Jia-Ruey Chang, Yung-Shuen Su, Tsun-Cheng Huang, Shih-Chung Kang and Shang-Hsien Hsieh, "Measurement of the International Roughness Index (IRI) Using an Autonomous Robot (P3-AT)", 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2009).

Michael W. and Sayers, "Profiles of Roughness", Measurement of pavement surface condition 1990, Transportation Research Record 1260.

Nueraihemaitijiang Abulizi, Akira Kawamura, Kazuya Tomiyama and Shun Fujita, "Measuring and evaluating of road roughness conditions with a compact road profiler and ArcGIS", Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2016, vol. 3, 5, pp. 398-411.

Oldrich Kropa and Peter Muckab, "Be careful when using the International Roughness Index as an indicator of road unevenness", Journal of Sound and Vibration, 2005, vol. 287, pp. 989-1003.

Prashant R Pawar, Dr Arun Tom Mathew and M R Saraf, "IRI (International Roughness Index): An Indicator Of Vehicle Response", Materials Today: Proceedings 2018, Vol. 5, pp. 11738-11750.

Reginald B. Kogbara, Eyad A. Masad, Emad Kassem, A. (Tom) Scarpas and Kumar Anupam, "A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements", Construction and Building Materials, 2016, vol. 114, pp. 602-617.

Sayers and Michael W, "On the Calculation of International Roughness Index from Longitudinal Road Profile", Pavement-vehicle interaction and traffic monitoring 1995, Transportation Research Record 1501.

Weifeng Wang, Xinping Yan a,c, Helai Huang, Xiumin Chu and Mohamed Abdel-Aty, "Design and verification of a laser based device for pavement macrotexture measurement", Measurement of pavement surface condition 2011, Transportation Research Part C, 2011, Vol.19, pp. 682-694.

William D. O. and Paterson, "International Roughness Index: Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality", 65th Annual Meeting of the Transportation Research Board 1981, Transportation Research Record 1084.

Yechen Qin, Zhenfeng Wang, Changle Xiang, Ehsan Hashemi, Amir Khajepour, Yanjun Huang, "Speed independent road classification strategy based on vehicle response: Theory and experimental validation", Mechanical Systems and Signal Processing, 2019, Vol 117, pp. 653-666

Elaboración de bloques de construcción a partir de residuos de arena sílica proveniente del proceso de fundición aluminio en una empresa automotriz

Preparation of construction blocks from silicone sand waste from the aluminum foundation process in an automotive company

GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina†*, SIERRA-SALGADO, Diana Vanessa y MARTÍN DEL CAMPO-SÁNCHEZ, Ma. Guadalupe

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

ID 1^{er} Autor: *Guillermina, Gómez-Beltrán* / ORC ID: 0000-0002-3621-2262, CVU CONACYT ID: 93419

ID 1^{er} Coautor: *Diana Vanessa, Sierra-Salgado* / ORC ID: 0000-0002-1737-2172

ID 2^{do} Coautor: *Ma. Guadalupe, Martín Del Campo-Sánchez* / ORC ID: 0000-0003-2689-1684

DOI: 10.35429/JCE.2019.10.3.19.26

Recibido 03 de Septiembre, 2019; Aceptado 30 Diciembre, 2019

Resumen

El objetivo del proyecto fue desarrollar un procedimiento para la elaboración de bloques de construcción con residuos de arena sílica, provenientes de un proceso de fundición del aluminio de una empresa de giro automotriz. Los bloques obtenidos se evaluaron de conformidad a las normas NMX-C-404-1997-ONNCCE para el diseño y formulaciones del block, y la NMX-C-036-ONNCCE para las pruebas y cálculos de compresión. Inicialmente estas arenas son utilizadas para la elaboración de los moldes de las partes mecánicas que se fabrican en la empresa, sin embargo, una vez que se cumple la utilidad de estas arenas para moldeo, son enviadas a sitios de disposición final. Para la elaboración de los bloques, inicialmente se determinaron las características físicas y propiedades químicas de la arena sílica (tamaño de grano, pH, estructura, forma del grano, humedad, peso específico, densidad aparente y a granel). A continuación, se diseñó el molde y se probaron dos formulaciones a base de los residuos de arena sílica, cemento, agua y cal. La evaluación de la calidad del producto incluyó las pruebas de secado, absorción de humedad, resistencia de diseño a la compresión. Finalmente se compararon los costos de elaboración con los costos de bloques comerciales existentes en el mercado.

Bloque, Residuo, Arena Sílica

Abstract

The objective of the project was to develop a procedure for the construction of building blocks with silica sand residues, from an aluminum smelting process of an automotive spinning company. The blocks obtained were evaluated in accordance with NMX-C-404-1997-ONNCCE standards for the design and formulations of the block, and NMX-C-036-ONNCCE for tests and compression calculations. Initially these arenas are used for the elaboration of the molds of the mechanical parts that are manufactured in the company, however, once the utility of these arenas for molding is fulfilled, they are sent to final disposal sites. For the elaboration of the blocks, the physical characteristics and chemical properties of the silica sand were initially determined (grain size, pH, structure, grain shape, humidity, specific gravity, bulk and bulk density). The mold was then designed and two formulations based on the residues of silica sand, cement, water and lime were tested. The product quality assessment included tests for drying, moisture absorption, design resistance to compression. Finally, the manufacturing costs were compared with the costs of existing commercial blocks in the market.

Block, Residue, Silica Sand

Citación: GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina, SIERRA-SALGADO, Diana Vanessa y MARTÍN DEL CAMPO-SÁNCHEZ, Ma. Guadalupe. Elaboración de bloques de construcción a partir de residuos de arena sílica proveniente del proceso de fundición aluminio en una empresa automotriz. *Revista de Ingeniería Civil*. 2019. 3-10: 19-26

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: guillermina.gomez@utvtol.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Para la fabricación de productos de origen metálico, la fundición es una de las tecnologías principales utilizadas. Esta tecnología consiste en una serie de operaciones mediante las cuales se obtiene un molde que reproduce la forma de la pieza a fabricar, en el que se vierte el metal en el interior de un molde previamente fabricado. Se emplea fundamentalmente en piezas como motores, cigüeñales, componentes de turbinas hidráulicas entre otras (Herrera, 2011).

El material del molde marca en gran medida, las características generales del proceso de fundición. Dentro de la empresa donde se desarrolló el presente proyecto, se utilizan componentes de origen natural y sintético para la producción del molde de los productos elaborados en la misma, los cuales están formados principalmente de arena de sílice y una aplicación de amina como resina, lo que permite el aglutinamiento del material.

Estos moldes son descartados una vez que han cumplido con su función. Debido a ello, uno de los principales problemas a los que se ha enfrentado el sistema productivo dentro de la empresa, ha sido la gran generación de residuos de arena sílica. Una vez que se cumple la utilidad de estas arenas para moldeo, son recolectadas y depositadas en súper sacos con una capacidad de aproximadamente una tonelada, posteriormente son distribuidos hacia otras organizaciones quienes se encargan de destinar estos residuos en un sitio de disposición final adecuado según sean sus características químicas y físicas.

En esta situación, la reducción de la generación es deseable, pero es poco probable de implementar en la empresa, por las exigencias productivas de la misma. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) establece las acciones de valorización de los residuos como de orden público e interés social y que tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y a propiciar el desarrollo sustentable (DOF, 2003). Los materiales industriales tales como las arenas de moldeo generados en la empresa son productos valorables de procesos industriales, que pueden ser ampliamente utilizados en la industria de la construcción.

En la actualidad, se considera e incluso se lleva a cabo la construcción de diferentes tipos de edificaciones con gran variedad de materiales, es probable que se encuentren algunos que sean más adecuados que otros, sin embargo, se hace necesario conocer su procedencia, pues tratándose de materiales reciclados, sería preciso pensar en ciertos factores como su durabilidad y la calidad de este mismo, ya que los materiales presentan diversas cualidades que determinan el tiempo de vigencia de cualquier construcción.

Los usos y aplicaciones de la arena sílica, se derivan principalmente por sus propiedades químicas y físicas, entre los que destacan su dureza, resistencia química, piezoelectricidad, alto punto de fusión, transparencia y piroelectricidad.

Debido a lo anterior, en el presente proyecto se propuso cuantificar y caracterizar los residuos de arena sílica se generan dentro de la empresa, asimismo, desarrollar una metodología para la fabricación de tabiques de construcción que cumplan con las especificaciones y parámetros de construcción utilizando como materia prima los residuos de arena sílica que se genera en el área de fundición aluminio de la empresa. Estos tabicones fueron elaborados a partir de diferentes formulaciones a base de arena sílica, cemento gris, cal y agua. Una vez obtenidos los tabicones, se evaluaron sus características físicas que permitieron identificar la mezcla con mejores características.

Adicionalmente se realizó un estudio de costo beneficio para establecer la factibilidad de sustituir el material comúnmente utilizado por los pequeños fabricantes de tabicón y verificar si es posible la reducción en los costos de producción.

1. Descripción de proceso de generación del residuo de arena sílica

La empresa cuenta con un área denominada “Zona de Colectores”, donde se recolectan y recuperan las arenas después de que han sido sometidas a un tratamiento térmico para posteriormente ser enviadas a los diferentes silos de acumulación. El funcionamiento mecánico inicial, consiste en volcar la arena que se va a regenerar, a una altura de tres metros, hacía una tolva de carga ubicada en la parte superior de un transportador vibratorio.

Del transportador, la arena pasa a una trituradora rotativa, la cual permite reducir la granulometría del producto donde es descartado el material extraño de la arena y posteriormente se descarga en un contenedor. Por medio de un sinfín, la arena es tomada e introducida en el horno de regeneración a una temperatura de 600-800°C. La combustión en el interior del horno está asegurada por un quemador piloto con detector de llama por ionización que es mantenido constantemente encendido por motivos de seguridad.

Al finalizar la calcinación, el producto pasa por una cámara de enfriamiento, donde por medio de gravedad, la arena regenerada es separada, y a través de un equipo de aspiración se separan las partículas pequeñas (arena residual) hacia los llamados super sacos. Las arenas residuales se caracterizan por tener un tamaño de grano muy pequeño que no le permite su reutilización en la fabricación de moldes para la fundición y son el objeto de estudio del presente trabajo.

Materiales y métodos

Como primer paso, se cuantificaron las cantidades mensuales generadas del residuo de arena sílica. Posteriormente se procedió a realizar un muestreo de los residuos de arena sílica. Se obtuvieron seis muestras simples tomadas semanalmente durante 2 meses. De manera individual, se determinaron algunos parámetros físicos y mecánicos para caracterizar al material: granulometría, pH, estructura, forma del grano, humedad, peso específico, densidad aparente y densidad a granel.

Para el diseño del molde de madera se respetaron las dimensiones especificadas en la norma NMX-C-404-1997-ONNCCE para la fabricación del tabique (24X14X10 cm). A continuación, prepararon dos formulaciones, la primera consistió en una mezcla de arena sílica con cemento y agua, y la segunda en una mezcla de arena sílica, cemento, agua y cal. Ambas fueron vertidas en los moldes (por triplicado) y se analizaron sus propiedades resistencia al diseño de compresión y capacidad de absorción de agua, posteriores al secado del tabicón.

La resistencia de diseño a la compresión se obtuvo a partir de tablas de referencia establecidas en la norma antes mencionada. El ensayo de capacidad de absorción se efectuó inmediato al periodo de secado.

Para ello, los tabiques secos se pesaron de manera individual (peso en seco) y se introdujeron a un tanque con agua de modo que quedaran totalmente cubiertos por el líquido y que ésta pudiera circular libremente alrededor del tabique. Después de un periodo de 24 horas, se retiraron del agua y se pasó un trapo húmedo sobre su superficie para quitar el exceso de agua. De inmediato se pesaron (peso saturado) y se calculó la capacidad de absorción de agua. Los datos obtenidos se compararon con los reportados para diferentes materiales de construcción y se identificó la formulación con mejores características.

Finalmente, se compararon los costos de fabricación de los tabiques de arena sílica con los costos de los ofertados en el mercado.

Resultados y análisis de resultados

En promedio, en la empresa se generan un total de 350 toneladas de arena sílica residual al mes, las cuales son almacenadas para posteriormente ser enviadas a diferentes empresas que las utilizan para diferentes fines. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de la arena sílica.

Parámetros de medición	Resultados
Dureza mínima	7.0 Mohs
Estructura	Monocristalina de alta resistencia a la abrasión
Forma	Granos redondos
Contenido de humedad	<0.1% g/cm ³
Peso específico	2650 kg/m ³
Densidad aparente	1476.79 kg/m ³
Densidad a granel	Compactado 98 a 100 kg/m ³

Tabla 1 Características físicas y mecánicas de la arena sílica

Fuente: Elaboración Propia.

La dureza mínima de 7.0 Mohs se debe principalmente a la constitución de la arena de sílice, formada en más de un 98% de cristales de cuarzo, material que se encuentra en abundancia sobre la corteza terrestre y que le da gran estabilidad a la arena haciéndola también insoluble al agua. Debido también a esta composición, se infiere que el residuo presenta altos puntos de fusión y por lo tanto, son ideales para utilizarlos como agregados en las formulaciones para la elaboración de tabicones utilizados en la industria de la construcción, como se pretende en el presente proyecto.

La estructura monocristalina del residuo nos indica que su red es continua y no está interrumpida por bordes en sus partículas, lo que contribuye también a aumentar su dureza. Sus granos presentan una forma redonda, lo que permitió que el material presentara una gran permeabilidad y el proceso de mezclado de las formulaciones se llevara a cabo con facilidad.

El contenido de humedad se determinó por medio de un secado a horno donde la humedad de la muestra de arena es la relación expresada en porcentaje, entre el peso del agua existente y el peso de las partículas sólidas. Se obtuvo un resultado $<0.1\%$, lo que indica en términos prácticos, que la arena está prácticamente seca, lo cual facilita su manejo. Por otro lado, el peso específico fue de 2650 kg/m^3 concordante con lo reportado en bibliografía.

En planta Fundición Aluminio existen cinco sistemas de recolección de polvos para la regeneración de arena sílica, tres sistemas correspondientes al área de corazones blocks y dos sistemas para el sistema de corazones cabezas. El laboratorio metalúrgico se encarga de tomar muestras representativas para realizar las pruebas de granulometría y determinar los tamaños del grano (Tabla 2 y 3). Este número se calcula a partir de la distribución de tamaños, que se determina mediante una prueba de tamices ASTM estándar. Los resultados se muestran en números AFS que indican el número de granos por unidad de peso. Los residuos acumulados en los filtros corresponden a los granos finos. Las arenas con tamaños de grano menores a 80 micras y mayores a 100 micras corresponden a las arenas de proceso.

Equipo	No. AFS
Polvo de bloques	98.5
Recuperación de bloques de arena XB Poniente	123.35
Recuperación de bloques de arena XB Oriente	106.09

AFS: tamaño de partícula
MESH: tamaño de malla

Tabla 2 Resultados Granulométricos Área de corazones blocks

Fuente: Elaboración Propia

Equipo	No. AFS
Polvo de Cabezas	76.76
Recuperación de arena de Cabezas	114,62

AFS: tamaño de partícula
MESH: tamaño de malla

Tabla 3 Resultados Granulométricos Área de corazones Cabezas

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de contaminantes por aluminio en muestra de arena sílica residual

Esta prueba se realizó en el laboratorio metalúrgico, para determinar la contaminación por aluminio del residuo de arena sílica, mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama, utilizando un equipo de Absorción atómica, marca Perkin Elmer, modelo 3100, serie 139649. Los resultados (Tabla a), muestran que el residuo no excede los límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT establecidos en la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Parámetro	Aluminio
Método de prueba	EPA 7000 B
Unidad	mg / L
Resultado	<2.0000
L.M. P.	100.00
L.P.C.	2.0000
Dictamen	Cumple

L.M.P = Límite Máximo Permissible que establece la NOM- 052- SEMARNAT -2005

L.P.C = Límite Práctico de Cuantificación

$< =$ Menor al límite

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Resultados de la concentración de aluminio por espectrofotometría de absorción atómica de llama

Fuente: Elaboración Propia

Con esta prueba se estableció que el material la arena sílica, a pesar de provenir de un proceso donde se mezcla con aluminio no constituye un riesgo para su utilización al emplearse para la fabricación de tabiques. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que el material proveniente de los colectores presenta riesgos para la salud como se muestra en la figura 1 donde se observan pictogramas referentes al residuo de arena sílica. De esta forma se debe contemplar que al estar en constante contacto con las partículas de arena sílica sigue siendo necesario el uso de un protector respiratorio, para evitar la ingestión del producto por vía oral o respiratoria.



Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Pictograma referentes al residuo de arena sílica

Fuente: NOM-018-STPS-2015

Pruebas CRIT de la arena sílica

Se realizó un análisis CRIT a la arena sílica residual conforme a la normatividad aplicable. Los resultados (Tabla 5) muestran que el residuo no presenta características de peligrosidad. Una ventaja de la propuesta de la elaboración de tabiques es que permite inmovilizar los contaminantes que pudieran estar presentes en las arenas, ya que, al cementar, se impide la lixiviación de los constituyentes potencialmente tóxicos.

Estudios C.R.I.T			
Corrosividad	Reactividad	Tóxico al ambiente	Inflamabilidad
No es corrosivo	No es reactivo	No es tóxico	No es inflamable

Tabla 5 Resultados de la prueba C.R.I.T

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de tabiques

El proceso de fabricación del molde se realizó de acuerdo con la normatividad NMX-C-404-1997-ONNCCE acoplándose a las medidas indicadas, 24 cm a lo largo, 14 cm de altitud y 10 cm de profundidad. Se probaron dos formulaciones para la elaboración de los tabiques siguiendo las especificaciones de la Tabla 6. Cada una de ellas se utilizó para la fabricación de tabiques en pruebas por triplicado.

	Formulación 1	Formulación 2
Arena Sílica	20kg	20kg
Cemento Gris	2kg	5kg
Agua	5L	5L
Cal		2kg

Tabla 6 Formulaciones para la elaboración de tabicones

Fuente: Elaboración Propia

Para iniciar la elaboración de los tabiques se realizó la dispersión de arena sílica sobre el suelo y con la ayuda de una pala recta se dio forma de capuchón para agregar los materiales posteriores a la mezcla. Posteriormente se agregó el cemento gris marca Portland y se mezcló una vez más junto con todos los componentes con ayuda de la pala hasta obtener una mezcla heterogénea. Finalmente, se agregó el agua en proporciones pequeñas hasta que se logró una mezcla compacta entre todos los agregados.

Para la formulación 2, se agregó además la cantidad de cal indicada en la Tabla 6. La mezcla se vertió dentro del molde cubierto en su interior por una ligera capa de aceite quemado de motor, y se comprimió con ayuda de una cuchara hasta lograr acabado rígido y se dejó secar por 4 días protegiéndolo de la lluvia, al cabo de los cuales se desmoldaron las pruebas mecánicas del producto.

Pruebas de compresión y capacidad de absorción

Los valores de compresión y capacidad de absorción de agua se obtuvieron con base a lo establecido en la NMX-C-404-1997-ONNCCE (Tabla 7). Se observa que los porcentajes son mayores en ausencia de cal, debido a que la capilaridad del tabique es mayor y eso le permite introducir el agua por sus poros. Sumado a ello, la incorporación de cal provoca un fenómeno llamado “Cal apagada” donde en el proceso se desprende gran cantidad de calor que evapora parte del agua utilizada.

Tabique	Formulación 1	Formulación 2
1	11.11	8.82
2	10.93	8.69
3	10.40	8.94
Promedio	10.813±0.30	8.816±0.10
Coefficiente de variación	30.14%	10.21%

Tabla 7 Capacidad de adsorción (%)

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el análisis propuesto por la NMX-C-036-ONNCCE se realizaron los cálculos de resistencia a la compresión de los tabiques considerando valores mínimos permitidos de fp' y fp , tomando en cuenta que para fp se deben tomar valores mayores a 90 y para Cp se debe tomar un valor de 0.35 para formar piezas de producción artesanal.

Los resultados obtenidos (Tabla 8) muestran que la resistencia de diseño (f') se encuentra dentro de los rangos de aceptación según la normatividad aplicada. Se observa que la formulación número dos presenta valores más elevados de resistencia, esto puede representar una característica favorable ya que la presencia de cal en la mezcla que crea una mejor fijación con las partículas de arena, y actúa como absorbente de humedad.

Tabique	Formulación 1			Formulación 2		
	\bar{f}_p en $\frac{kg}{cm^2}$	C_p	f'_p en $\frac{kg}{cm^2}$	\bar{f}_p en $\frac{kg}{cm^2}$	C_p	f'_p en $\frac{kg}{cm^2}$
1	200	.3 5	106.66	250	.3 5	133.33
2	205	.3 5	109.33	255	.3 5	136
3	210	.3 5	112	258	.3 5	137.6

Tabla 8 Resistencia a la compression
Fuente: Elaboración Propia

Comparación del ladrillo convencional con el de arena sílica

Los ladrillos comerciales son un producto que se ha consumido a lo largo del tiempo para la elaboración de edificaciones, sin embargo, con el paso del tiempo la variedad de los materiales de construcción ha aumentado y con ello la oportunidad de elegir la mejor opción dentro del mercado. A continuación, se muestran algunas características que son consideradas en la elaboración de los tabiques y podría funcionar en la comparación del tabicón artesanal hecho con arena sílica y el comercial (Tabla 9).

Características	Tabicón comercial	Tabicón de arena sílica
Color	Gris opaco	Café grisáceo
Peso	5.93 kg	6.8 kg
pH	8	8
Densidad	1600 kg/m ³	1300 kg/m ³
Capacidad de absorción	10.8%	8.821%
Resistencia a la compresión	100 kg/cm ²	122.48 kg/cm ²
Material de fabricación	Cemento gris, arena, grava y agua	Cemento gris, arena sílica, agua y cal
Tiempo de fabricación	7 min	12 min
Tiempo de secado natural	120 horas	168 horas
Textura	Porosa	Lisa y rasposa

Tabla 9 Comparación de algunas características de los tabicones comerciales y el de arena sílica
Fuente: Elaboración Propia

Se examinaron varias características que son representativas al momento de comparar un tabicón de construcción, el color del tabique variara de acuerdo con el material del que es fabricado, el peso cambiara de acuerdo con las características porosas del producto, en este caso el peso del tabique fabricado de arena sílica es mayor debido a que las arenas son comprimidas fácilmente y cubren mejor la superficie del molde al ser vertido en su interior, en caso contrario, el peso del tabicón comercial es menor por su nivel de porosidad en las arenas gruesas y ligeras.

El valor de pH no cambia a causa de que ambos están fabricados con cemento gris, el cual predomina dentro de la mezcla y convierte el material de construcción en un medio básico.

La densidad, como se sabe, es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en determinado volumen de una sustancia, la densidad promedio que se obtuvo de ambos tabiques varía de acuerdo con el volumen que se desee cubrir con la mezcla, en este caso la bibliografía nos dice que la densidad de un tabique fabricado con cemento gris, arena, grava y agua es menor al que se obtuvo en las pruebas y cálculos del tabique artesanal de este proyecto.

Los tabiques experimentan un ligero aumento de peso cuando se exponen al ambiente, debido a que absorben humedad del aire. Este efecto es distinto de unos a otros, la porosidad que contenga el material determina el porcentaje de absorción, el tabique fabricado de arena sílica representa un valor menor a la densidad de un tabique comercial, dado que la estructura capilar impide una completa saturación de agua en el tabique.

La resistencia a la compresión de los tabiques depende de los materiales empleados en su fabricación, así como del proceso mismo. Un tabique hecho con pasta aguada puede resistir poco a la compresión, mientras que un tabique de alta resistencia pudiera aguantar hasta 1,400 kg /cm² como marca la bibliografía. Bajo pruebas teóricas el tabique de arena sílica presenta mayor resistencia, comparado con el tabique comercial, esto dependerá según la formulación empleada.

Actualmente en cualquier fábrica de ladrillos se llevan a cabo una serie de proceso estándar que permite la elaboración en serie de grandes cantidades producto, en este caso los tabiques comerciales pueden elaborarse en menos de 7 minutos con ayuda de una mezcladora, en comparación con los artesanales que tardan aproximadamente 12 minutos desde la elaboración de la mezcla hasta el vertido en el molde.

Una vez que se realiza el vertido de mezcla dentro del molde el tiempo estimado de secado para el tabique comercial es de 120 horas equivalentes a 5 días, y para el tabique artesanal es de aproximadamente 168 horas equivalentes a 7 días, las condiciones meteorológicas influyen en el proceso de secado de cualquier material. La textura depende de la forma en que están entrelazadas las partículas de un tabique varía según material del que sea fabricado y el moldeo que se realice. La textura del tabique comercial es más granular que la de un ladrillo artesanal, puede que deba al método de moldeo o a la compresión y tiempo de secado del tabique dentro del molde o simplemente el tamaño de sus partículas.

Comparación de costos entre los tabiques comerciales con los de arena sílica residual

Para la valoración de costos se comparó el costo del tabique de arena sílica con el de 12 tabiques comerciales más consumidos en obras de construcción que incluyeron los fabricados con adobe, arcilla, tierra, refractarios, ligeros y pesados. Los productos para construcción dentro del mercado son muy variados, sin embargo, al realizar una investigación bibliográfica y de campo se observó que los tipos de tabique, blocks y ladrillos cambian su valor de acuerdo con las características del material con los que se elaboran, unos serán más resistentes o ligeros, otros más pesados, lisos o rasposos; estas y otras características definirán la calidad y el costo que se ofrecerá al consumidor.

De esta manera, el block hecho de cerámica, que se fabrica con arcilla y agua, es más caro a diferencia de los demás, y esto se debe a su dificultad de fabricación. También es importante contemplar los usos a los que puede ser destinado. Se pueden utilizar en los adoquines cerámicos, como material de construcción y además en lugares donde se quieren mejorar la pavimentación.

Sin embargo, el precio más alto se da porque el producto tiene una mayor cantidad de materias primas que al mismo tiempo aumenta su valor monetario, pero no quiere decir que el más costoso sea el mejor, siempre se tendrá la opción de comparar, y esto da la oportunidad de equipararlo con el tabique de arena sílica residual, que presenta una resistencia a la compresión de 135.644 kg/cm² que es mayor al de un block cerámico de 70 kg/cm².

Para el cálculo de los costos del tabique de arena sílica se tomó en cuenta el costo del material, su manejo, la mano de obra y una utilidad del 30%, dando un precio de \$9.6.00. (Nueve pesos con 06/100 M.N.) Posicionando a este producto en un precio accesible al consumidor. Aun cuando este precio es en promedio 21% más alto que algunos ladrillos comerciales presenta las ventajas de tener un mayor grado de resistencia a la compresión, menor porcentaje de absorción y sobre todo el aprovechamiento de un desperdicio industrial.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el trabajo indican que la utilización de arena residual de fundición como materia prima es factible para la fabricación tabiques de construcción, por sus propiedades físicas y mecánicas, y porque de acuerdo con la prueba CRETÍ realizada no representa características de peligrosidad. De las formulaciones probadas, los tabiques que incluyen la incorporación de cal muestran mejores propiedades mecánicas. En cuanto a costos, un tabique artesanal de arena sílica entra en el rango de materiales más económicos. Independientemente a dicho costo, se debe priorizar el beneficio ambiental del uso de la arena sílica residual para la fabricación de tabiques u otros productos como cemento o pavimento.

Referencias

Herrera, A. E. (2011). Desarrollo de un aglutinante orgánico para la fabricación de moldes y corazones de arena (Tesis Doctoral) Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/2112/6/1080191564.pdf>

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. 8 de octubre del 2003. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección. 1-32 pp. Recuperado de <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=d3VtZitac2M4aW1mY1ozRDZmaEM3UT09>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Diario Oficial de la Federación. 9 de octubre del 2015. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411121&fecha=09/10/2015

Diseño de JIGS para el Area de Pintura mediante Solidworks®

Design JIGS for the Paint Area using Solidworks®

HERNANDEZ-BRIONES, Alejandro*† & DIAZ-ROBLES, Raymundo

Universidad Tecnológica de Coahuila. Av. Industria Metalúrgica No. 2001, Parque Industrial Ramos Arizpe. C.P. 25000

ID 1^{er} Autor: *Alejandro, Hernandez-Briones*

ID 1^{er} Coautor: *Raymundo, Diaz-Robles*

DOI: 10.35429/JCE.2019.10.3.27.31

Recibido 03 de Septiembre, 2019; Aceptado 30 Diciembre, 2019

Resumen

El dibujo es un lenguaje o medio de comunicación que permite dar a conocer ideas o mensajes mediante el uso de imágenes, figuras o símbolos; por esta razón, también se le denomina representación gráfica. Hoy en día, las computadoras han simplificado enormemente la manera en que diseñamos y fabricamos piezas o componentes mecánicos. El termino dibujo asistido por computadora (CAD, Computer Aided Design) se refiere a un conjunto de tecnologías basadas en el uso de computadoras para crear, analizar, y optimizar el diseño en el campo de la ingeniería. Los programas CAD proporcionan una interfase grafica de usuario (GUI, Graphics User Interface) que le permite al usuario introducir y manipular objetos geométricos en 2 y 3 dimensiones, crear dibujos de ingeniería, hacer análisis básico como el cálculo de las propiedades de masa, así como visualizar y manipular componentes individuales o ensamblajes que representan mecanismos o maquinaria cada vez más compleja. El desarrollo de los sistemas CAD en los últimos 50 años ha ido paralelo al de la tecnología de las computadoras (Jensen, 2004), y encontramos diversas aplicaciones en todos los campos de la ciencia, siendo la industria automotriz y la aeroespacial sus principales propulsores. El presente trabajo trata del uso de Solidworks® para la elaboración de JIGS (armazones) para diferentes componentes plásticos automotrices que habrán de pasar al área de pintura y posteriormente a un proceso de horneado, sin que estas se deformen.

‘CAD’, ‘CAM’, ‘JIGS’, Lamina de ingeniería

Abstract

Drawing is a language or half of Communication that allows you to make known ideas or messages by using images, figures or symbols; for this reason, it is also called graphic representation. Today, computers have greatly simplified the way we design and manufacture parts or mechanical components. The term Computer Aided design (CAD) refers to a set of technologies based on the use of computers to create, analyse, and optimize the design in the field of engineering. CAD programs provide a graphical user interface (GUI) that allows the user to enter and manipulate geometric objects in 2 and 3 dimensions, create engineering drawings, do basic analysis as the calculation of Mass properties, as well as visualizing and manipulating individual components or assemblies that represent mechanisms or machinery that are increasingly complex. The development of CAD systems in the last 50 years has been parallel to computer technology (Jensen, 2004), and we find various applications in all fields of science, the automotive industry and aerospace its main Propellers. The present work It deals with the use of Solidworks ® for the elaboration of JIGS (frames) for different automotive plastic components that will have to move to the painting area and then to a baking process, without these deforming.

CAD, CAM, JIGS, Engineering sheet

Citación: HERNANDEZ-BRIONES, Alejandro & DIAZ-ROBLES, Raymundo. Diseño de JIGS para el Area de Pintura mediante Solidworks®. Revista de Ingeniería Civil. 2019. 3-10: 27-31

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: ahbriones@utc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El diseño asistido por computadora (CAD, computer aided design) se refiere al uso de las computadoras, mediante un software o programa específico, para crear la geometría (el diseño) de una pieza específica. A su vez, la manufactura asistida por computadora (CAM, computer aided manufacturing) es el uso de las computadoras para definir las trayectorias de las herramientas que permiten crear una pieza mediante diferentes procesos de fabricación. Así, las técnicas del CAD-CAM permiten a los fabricantes administrar y controlar todos los aspectos relacionados con el proceso de fabricación de una pieza o componente mecánico: el diseño, prueba, validación y fabricación de la pieza. Mediante el uso de técnicas de CAD-CAM se consigue abaratar costos, aumentar la calidad y reducir el tiempo de diseño y producción. Estos tres factores son vitales para la industria actual.

Justificación

La industria de la región se conforma por empresas relacionadas con el sector automotriz donde constantemente se requieren herramientas de innovación y mejora en el diseño de productos. En la región sureste del estado de Coahuila el clúster automotriz tiene gran relevancia, ya que se cuenta con más de 3,000 empresas en diferentes rubros. Existen diferentes compañías, tanto pequeñas y medianas empresas, las cuales dan servicio a empresas grandes que soportan el crecimiento de la región (SEDECT, 2017).

Problema

El diseño y la fabricación asistidos por computadora han alcanzado actualmente un gran nivel de desarrollo e implantación. El presente trabajo se centra en el diseño de unos armazones denominados JIGS para una empresa de la región, y que actualmente es proveedora de la industria automotriz. El proceso de investigación considera los parámetros solicitados por el cliente, la mejor alternativa para la manipulación de la pieza, evaluación del material y un diseño sencillo para su posterior fabricación

Hipótesis

Existe la necesidad de generar y sustentar alternativas de solución a los problemas que se tengan en la industria relacionados con el diseño de piezas y productos, así como el desarrollo de dispositivos y mecanismos para su operación. Se plantea que si el personal de la industria, las pequeñas y medianas empresas, los talleres que proveen de alguna forma a las empresas de la región, así como los ingenieros recién egresados de las diversas carreras de ingeniería conocieran, dominaran y aplicaran las técnicas del CAD-CAM, los trabajos se harían más rápido y con mayor precisión; lo que contribuiría a la mejora en el desarrollo de solución de problemas, que es lo que se pretende.

Objetivos

Objetivo General

Plantear un procedimiento para el análisis de partes y componentes automotrices, para posteriormente generar una alternativa de solución en el diseño de armazones o JIGS para soporte y sujeción de piezas, así como un análisis de diseño mediante un software CAD.

Objetivos específicos

- Definir un procedimiento para el diseño de JIGs que facilitan los procesos de fabricación en la industria de la región.
- Capacitar al personal de la industria de la región, así como estudiantes de Ingeniería, en estas técnicas que permiten eficientar los procesos y mejorar la calidad y productividad de estas.

Marco Teórico

El desarrollo de los sistemas CAD industriales empezó en la década de los años sesenta en la industria automotriz y la aeroespacial. Fue hasta la década de los años noventa que se desarrollaron paquetes CAD más avanzados para 3D que usaban modelado sólido y superficies NURBS (superficie B racional no uniforme). La integración del CAD a la ingeniería y a la manufactura fue enormemente favorecida por el desarrollo de las redes de alta velocidad y de Internet (Jensen, 2004).

Acerca del programa de Solidworks

SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de sólidos en 3D y superficies avanzadas, crear grandes ensamblajes, generar planos, así como otras funcionalidades que permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable (Gómez, 2016). Contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo.

Metodología de Investigación

Cuando se recibe una pieza a la que se le desea fabricar un soporte o armazón de sujeción, denominado JIG o bien Fixture, es muy importante conocer las especificaciones para su elaboración. Denominadas Specs (del término en inglés Specifications), estas determinan las limitaciones y valores de control para su elaboración. Así, sin utilizar un estudio de optimización, el mejor diseño de piezas solo puede lograrse mediante costosos y largos ciclos de desarrollo de productos (Iancu, 2017).

La investigación aplicada busca establecer los pasos para definir un procedimiento estándar que permita construir un modelo en el sistema CAD de SolidWorks, probarlo en conjunto con la pieza a ensamblar, y modificar el diseño en función de los resultados de la simulación y prueba de funcionamiento. La experimentación se lleva a cabo en forma virtual.

Tipo de Investigación

El interés principal es revisar el estado del arte en cuanto al uso de un software de diseño mecánico y su uso en la industria de la región. Para el presente ensayo se plantea el procedimiento para elaborar un armazón de sujeción, sin embargo, en la etapa experimental se recibió un total de ocho propuestas para su diseño, prueba y posterior fabricación.

Métodos Teóricos

¿Qué es un JIG?

Un JIG o armazón es una estructura firme y sólida de tal modo que sostiene a otras piezas o sirve de base para que se monte sobre ella otra cosa.

Es lo que soporta a otro objeto. Este tipo de armazones se utilizan para la sujeción o soporte de piezas en el sector automotriz, sea para una operación de pintura, recubrimiento o ensamblado (p.e. un arnés o el cableado eléctrico del panel frontal). Mediante un sistema CAD como SolidWorks, se pueden realizar tareas como probar el modelo utilizando la computadora en lugar de pruebas de campo, lo que reduce el costo y reduce el tiempo de comercialización reduciendo el número de ciclos de desarrollo de productos y optimizar los diseños mediante la simulación de conceptos y escenarios antes de tomar decisiones finales (Iancu, 2017).

Desarrollo del Procedimiento

El Procedimiento planteado se conforma de las siguientes etapas:

1. Evaluación de la pieza o parte recibida. Se evalúa la geometría: puntos de reforzamiento, así como de sujeción o clípeo (para el agarre o posicionamiento de la pieza). Esto permite la definición de operaciones a utilizar en el software para la elaboración del armazón.

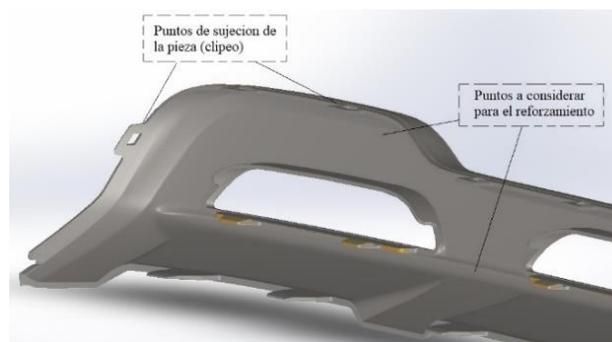


Figura 1 Análisis de geometría para generación de alternativas

2. Generación de geometría 3D en base a la forma proporcionada. Se procede a la elaboración del armazón, considerando la forma geométrica de la pieza. Al realizar el ensamblado, se evalúan los puntos a reforzar, los puntos de sujeción y retiro de esta sin llegar a dañar la pieza original. El programa permite trabajar curvas en 3D, denominadas spline o forma libre; esto facilita el trazado encima de la pieza proporcionada y ajustarlo a dicha geometría.

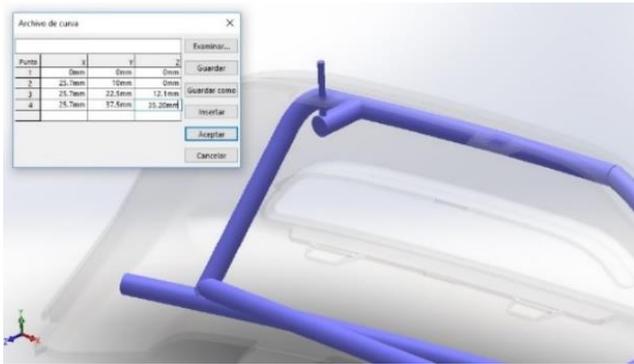


Figura 2 Trazado de spline para generar armazón

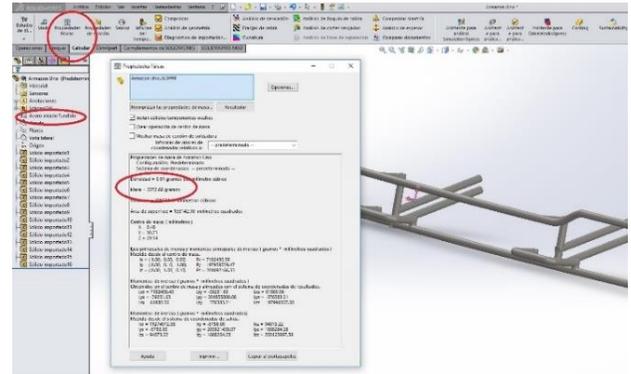


Figura 4 Calculo de masa

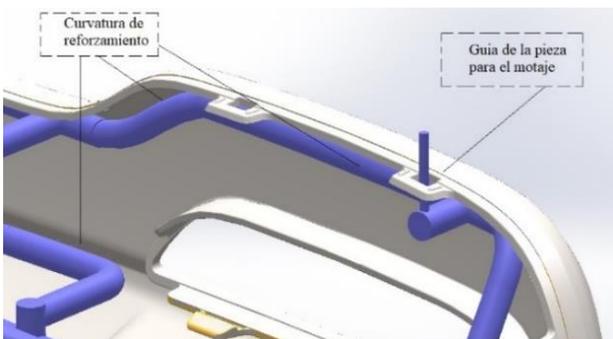


Figura 3 Evaluación de las áreas de apoyo

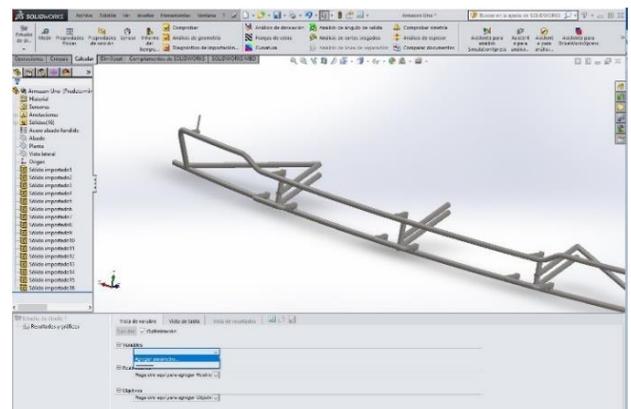


Figura 5 Asistente para Estudio de Diseño

3. Revisión de especificaciones (Specs). En este paso, es importante definir los parámetros de trabajo, tales como área de pintura que cubre el robot, distancia entre piezas, posicionamiento en el armazón y número de ensambles, tanto en el eje X como en el eje Y, así como el ángulo de posicionamiento a aplicar. Esto se realiza al probar un arreglo de JIGs, determinando el posicionamiento en el espacio 3D.
4. Validación y liberación del diseño. El software CAD permite determinar el peso de la pieza, de acuerdo con la densidad del material especificado (Figura 4). A su vez, permite la evaluación del modelo mediante un Estudio de Diseño. La interfaz del asistente guía a través de un proceso paso a paso para especificar variables, restricciones y objetivos, ejecutar el estudio y ver los resultados, pudiendo evaluar el Factor de seguridad, el desplazamiento máximo y el estrés máximo (Figura 5).

A continuación, se muestra un estudio para hacer una optimización dimensional, usando como objetivo la minimización de la masa. Los pasos son:

- a) En la ventana del asistente, seleccionar Agregar variables...
- b) Dar clic en una parte de la geometría, y posteriormente, seleccionar su dimensión (acotación). Puede agregar varios valores para el estudio.
- c) Enseguida, seleccione la opción Restricciones y el sensor de Masa (este sugiere el peso inicial. Presione Aceptar.
- d) Por último, seleccione la Meta propuesta: Maximizar o Minimizar el peso de la pieza

Al correr la simulación, el software habrá de generar diferentes escenarios, el cambio de dimensiones en la pieza es proporcional al peso de la masa inicial.

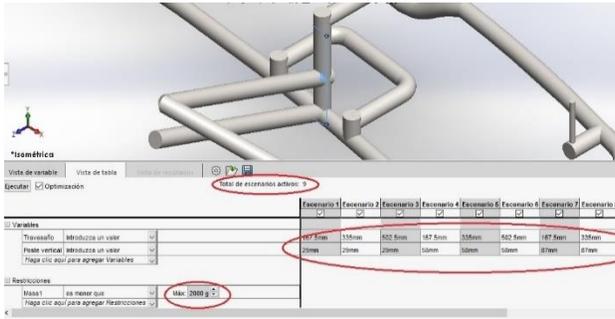


Figura 6 Resultados de la corrida con 9 escenarios posibles

Para dicho estudio, Solidworks sugiere nueve posibles combinaciones para alcanzar el objetivo propuesto: Disminuir de 2252.66 gramos a 2000 gramos (2kg), con diferentes modificaciones a dimensiones de la pieza sin afectar su funcionalidad y seleccionando la mejor combinación para mantener los puntos clave del diseño.

- Envío a fabricación de componentes y ensamblado. Se definen los procesos de fabricación, sugerencia de materiales y espesores (comúnmente varilla de acero con 3/8" de espesor). Para el presente JIG, se lleva a cabo un proceso de conformado, posteriormente unión por soldadura de arco eléctrico.

Resultados

Además de la funcionalidad básica de creación de piezas, ensamblajes y dibujos, SolidWorks permite realizar otro tipo de operaciones variadas que facilitan el proceso de diseño, simulación y gestión de proyectos. Bajo el nombre de complementos se presentan algunas funcionalidades o herramientas que facilitan el proceso de diseño y a la vez disminuyen el elevado costo del diseño de componentes y la disminución del tiempo invertido.

Referencias

Gómez González Sergio. (2016). Solidworks Practico I. Ed. Alfaomega, Ediciones técnicas Marcombo.

Gómez González Sergio. (2017). Solidworks Practico II. Ed. Alfaomega, Ediciones técnicas Marcombo.

Iancu, C. (2017). About optimization Design Study on SolidWorks, Fiability & Durability Revue. ISSN 1844-640X, 1/2017

Jensen Cecil & Helsel Jay D. (2004). Dibujo y diseño en Ingeniería. Ed. McGrawHill.

Lombard, M. (2013). SolidWorks Bible, Wiley & Sons, USA.

SolidWorks Manual del Usuario (2017). Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, Waltham, MA, USA.

Tickoo Sham (2018). Solidworks 2018 for Designers. Ed. CADCIM Technologies, USA.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Civil. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

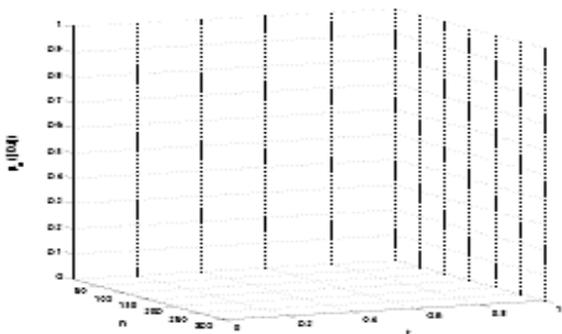


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

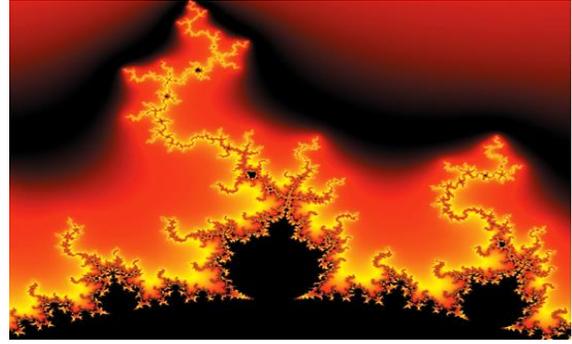


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Ingeniería Civil se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Civil, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Civil

“Determinación de las propiedades térmicas de un mortero modificado con sargazo como material alternativo en construcción”

ZAVALA-ARCEO, Alberto, CRUZ-ARGÜELLO, Julio César, FIGUEROA-TORRES, Mayra Zyzlila y YELADAQUI-TELLO, Alberto

“Diseño de un sistema perfilador de bajo costo y efectivo para la determinación de rugosidad en vías terrestres asfaltadas”

GUTIERREZ-VILLALOBOS, Jose M., MORENO-MARTÍNEZ, Jatziri Yunuén, CHAVEZ-CARDENAS, Xavier y ARROYO-CHÁVEZ, Hiram
Universidad de Guanajuato

“Elaboración de bloques de construcción a partir de residuos de arena sílica proveniente del proceso de fundición aluminio en una empresa automotriz”

GÓMEZ-BELTRÁN, Guillermina, SIERRA-SALGADO, Diana Vanessa y MARTÍN DEL CAMPO-SÁNCHEZ, Ma. Guadalupe
Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

“Diseño de JIGS para el Area de Pintura mediante Solidworks®”

HERNANDEZ-BRIONES, Alejandro & DIAZ-ROBLES, Raymundo
Universidad Tecnológica de Coahuila

