



Universidad
Continental

ISSN en línea 2519-1403
Vol. 1 n.º 1
Enero-Junio 2016

INGENIUM

Revista de la Facultad de Ingeniería



Universidad
Continental

ISSN en línea 2519-1403
Vol. 1 n.º 1
Enero-Junio 2016

INGENIUM

Revista de la Facultad de Ingeniería

Ingenium

Revista de la Facultad de Ingeniería

Volumen 1 número 1, agosto 2016

Autoridades universitarias

Fernando Barrios Ipenza

Presidente del Directorio

Esaú Caro Meza

Rector

José Barrios Ipenza

Vicepresidente del Directorio

Oswaldo Sifuentes Bitocchi

Director de Gestión Académica

Teresa Godoy Castilla

Gerente General

Felipe Néstor Gutarra Meza

Decano de la Facultad de Ingeniería

Armando Prieto Hormaza

Secretario General

La revista *Ingenium* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental se esmera para satisfacer las necesidades de profesionales de ingeniería, investigadores y académicos. Publica artículos que ilustran aplicaciones directas de las teorías de ingeniería y sus herramientas.

Los artículos de la revista *Ingenium* están orientados a lectores de los sectores industrial y académico relacionados a la ingeniería.

El editor de la revista evalúa si el artículo se adecúa a los temas de ingeniería que publica la revista. Luego, revisores especialistas en el tema del artículo lo evalúan para dar sugerencias de mejora y su visto bueno para la publicación. La revista no se hace responsable de las opiniones de los autores.

Editor

Celso De La Cruz Casaño

Comité Editorial

Boris Ernesto D'Anglés Woolcott (Universidad Continental, Perú)

Roberto Belarmino Quispe Cabana (Universidad Continental, Perú)

Víctor Fermín Segura Huanca (Universidad Continental, Perú)

Cuidado de edición

Jullisa del Pilar Falla Aguirre

Diseño y diagramación

Yesenia Mandujano Gonzales

Disponible a texto completo en

<http://journals.continental.edu.pe/>

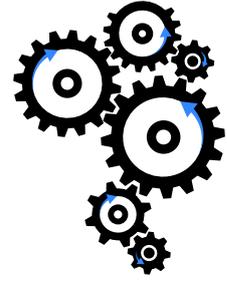
ISSN en línea 2519-1403

Correspondencia y canje

Dirección: Av. San Carlos N° 1980, Huancayo, Perú

Teléfono: (51 64) 481430, fax: (51 64) 221929

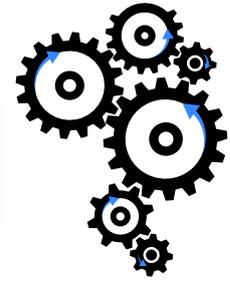
Correo electrónico: revistaingenieria@continental.edu.pe



CONTENIDO

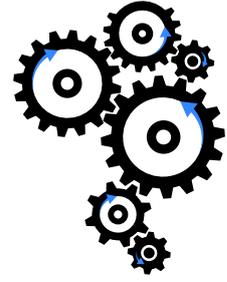
- 07 | Análisis emergético para la reutilización de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Clara-Lima, Perú
Connie Gálvez Durand
- 14 | Importancia del método de coeficientes del ACI en el diseño de losas continuas de concreto armado
Natividad A. Sánchez Arévalo, Carlos Lermo Zuñiga, Jeysi Ochoa Laguna
- 26 | Aprovechamiento de residuos de Biomasa secundaria como combustible
Pablo José Hurtado Rengifo
- 30 | Eficiencia técnica en las empresas de distribución eléctrica de la Corporación FONAFE
Carlos Quispe Anccasi
- 36 | Aplicación móvil para la promoción y publicidad del turismo en la ciudad de Huancayo
Gary Risco Reyes, Pedro Castañeda Vargas
- 42 | Metodología de la investigación tecnológica en ingeniería
Celso De La Cruz Casaño





CONTENT

- 07 | Emergency analysis for the reuse of sewage sludge from the sewage plant Santa Clara-Lima, Peru
Connie Gálvez Durand
- 14 | Method importance of ACI coefficients in the design of reinforced concrete continuous slabs
Natividad A. Sánchez Arévalo, Carlos Lermo Zuñiga, Jeysi Ochoa Laguna
- 26 | Waste secondary biomass utilization as fuel
Pablo José Hurtado Rengifo
- 30 | Technical efficiency in electricity distribution companies of FONAFE Corporation
Ing. Carlos Quispe Anccasi
- 36 | Mobile application for the promotion and advertising of tourism in the city of Huancayo
Gary Risco Reyes, Pedro Castañeda Vargas
- 42 | Methodology of technological research in engineering
Celso De La Cruz Casaño



EDITORIAL

Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

El 2006 el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica CONCYTEC desarrolló el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021 PNCTI (1). En la formulación participaron los sectores estatal, académico y privado.

El PNCTI fue elaborado para encaminar al país hacia un desarrollo industrial, capaz de brindar productos con valor agregado que nos permita ser más competitivos a nivel internacional. Actualmente, los productos peruanos son en gran parte materias primas vendidas a precios muy bajos. Está claro que para ser más competitivos es necesario contar con tecnologías propias desarrolladas para nuestros productos o nuestra realidad, de tal manera de poder explotar nuestras ventajas competitivas. Es por ello que las prioridades del PNCTI se centran en los sectores:

1. Agropecuario y agroindustrial (por ejemplo, fibras naturales, nutracéuticos, mejoramiento genético, etc.).
2. Pesca y acuicultura marina y continental (por ejemplo, genética, nutrición y sanidad, etc.).
3. Minería y metalurgia (por ejemplo, minerales no metálicos, nano-materiales, etc.).
4. Forestal (por ejemplo, semillas de especies nativas, manejo de bosques, etc.).
5. Energía (por ejemplo, biodiesel, hidroenergía, eficiencia energética, etc.).
6. Telecomunicaciones (por ejemplo, telesalud, teleeducación, TIC para gestión productiva, etc.).
7. Turismo (por ejemplo, histórico-arqueológicas, turismo ecológico y cultural, etc.).

Las ingenierías son las principales disciplinas generadoras de tecnologías para obtener nuevos productos, que una vez aceptados en el mercado se convierten en innovaciones. Son precisamente las innovaciones las que nos permitirán alcanzar la competitividad deseada. Por lo tanto, las ingenierías juegan un papel importante en el PNCTI, pues desarrollan tecnologías a partir de conocimientos científicos para solucionar problemas que impiden que las industrias sean competitivas.

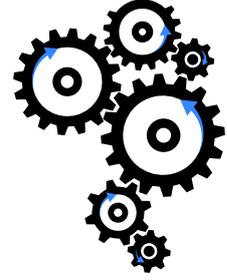
El PNCTI contempla la vinculación entre la empresa, la academia, el Estado y la sociedad civil como una de sus estrategias para alcanzar sus objetivos. Otras de las estrategias principales del PNCTI es incentivar y promover a investigadores, quienes son el eje principal para el avance en ciencia, tecnología e innovación. Contar con un reglamento de calificaciones de investigadores (2) es un aspecto importante para el cumplimiento de esta estrategia. Por todo ello, el PNCTI tiene la visión de llevar al Perú a una economía basada en el conocimiento.

Referencias bibliográficas

1. CONCYTEC. Plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano, PNCTI 2006 - 2021. Lima: CONCYTEC, 2006.
2. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica-SINACYT. Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología. El Peruano. 2015, p. 567978.

Celso De La Cruz Casaño
Editor





EDITORIAL

National Plan of Science, Technology and Innovation

In 2006 the “Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC”, developed the “Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006 – 2021 PNCTI” (1). The state, academic and private sectors participated in that formulation.

The PNCTI was elaborated to direct the country to an industrial development, able to provide products with added value that allow be more competitive internationally. Currently, the Peruvians products are in great part raw material sell in low prices. It is clear, that to be more competitive, it is necessary to have own technologies developed for our products or for our reality, therefore use our competitive advantage. For these reasons, the priorities of the PNCTI are in the sectors:

1. Agriculture and agro-industrial (for example, natural grain, nutraceutical, genetic improvement, etc.).
2. Fishing and marine aquaculture (for example, genetics, nutrition, health, etc.).
3. Mining and metallurgy (for example, nonmetallic minerals, nanomaterial's, etc.).
4. Forestry (for example, native seeds, wood management, etc.).
5. Energy (for example, biodiesel, hydropower, energy efficiency, etc.).
6. Telecommunications (for example, remote-health, remote-education, ICT for productive management, etc.).
7. Tourism (for example, history archeology, ecologic and cultural tourism, etc.).

The engineering disciplines are the principal disciplines that generate technologies to obtain new products, which when are accepted in the market become innovations. The innovations allow the nation to reach the desired competitiveness. Thus, the engineering disciplines have an important role in the PNCTI, developing new technologies from scientific knowledge to solve problems that do not permit the competitiveness of industries.

The PNCTI considers the connection between the companies, academy, the state and the civil society as one of the strategies to reach its objectives. Another principal strategy, is encourage and promote researchers, who are the principal axis for the progress of the science, technology and innovation. An important aspect to accomplish these strategy is to have an evaluation regulation of researchers (2). Thus, the PNCTI has the vision to take Peru to a knowledge based economy.

Bibliografy references

1. CONCYTEC. Plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano, PNCTI 2006 - 2021. Lima : CONCYTEC, 2006.
2. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT. Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología. El Peruano. 2015, p. 567978.

Celso De La Cruz Casaño
Editor





ANÁLISIS EMERGÉTICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA CLARA-LIMA, PERÚ

Emergency analysis for the reuse of sewage sludge from the sewage plant Santa Clara-Lima, Peru

Connie Gálvez Durand¹

¹ Universidad Continental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental
Correo electrónico: congadusayya@hotmail.com

Resumen— El presente trabajo tiene como objetivo determinar si el uso del análisis emergético permite la evaluación de la sostenibilidad del proceso de carbonización para la reutilización de lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Santa Clara-Lima durante el año 2014 para la toma de decisiones ambientales. El método general utilizado fue el hipotético-deductivo, en el que, mediante la metodología del análisis emergético, se buscó valorizar cuantitativamente la sostenibilidad del proceso de carbonización para su reutilización. Como resultados se obtuvieron el Índice de Rendimiento Emergético (EYR) con un valor de 9,33; el Índice de Inversión Emergética (EIR) presentó un valor cerca al 0 (0,12); el Índice de Carga Ambiental (ELR) obtuvo un valor de 2,11, y, por último, el Índice de Sostenibilidad (ESI) con un valor de 4,4. Estos resultados indicaron que el proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara es sostenible, ya que hay un rendimiento económico-energético, es ambientalmente aceptable, dado que el proceso presenta un bajo estrés ambiental, y es económicamente viable (no genera pérdidas), esto debido a una mayor dependencia del proceso de recursos renovables (frente a los no renovables).

Palabras clave: Análisis emergético, emergencia, sostenibilidad, lodos residuales, gestión ambiental, valorización ambiental, decisiones ambientales.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis emergético se presenta como una valiosa herramienta para conocer el desempeño energético, económico y ambiental de un sistema/proceso, por lo que valoriza la sostenibilidad mediante una serie de cálculos que resultan en índices emergéticos, los cuales se interpretan y dan alcances de los beneficios económicos, energéticos y el comportamiento ambiental del proceso o sistema.

El método de análisis emergético presenta todo un marco conceptual, desde la perspectiva del trabajo que requiere el medio ambiente para dar soporte a la dinámica de un proceso/sistema. Esta metodología es considerada, en la actualidad, como uno de los pilares más fuertes en áreas afines a la economía ecológica y a la ingeniería ambiental. En el Perú esta herramienta no está muy difundida, a pesar de su potencial aplicación multidisciplinaria para valorar procesos, sistemas, productos, servicios, recursos, economías, etc. que comprometen la sostenibilidad.

Abstract— The present work has the objective to determine whether the use of Emergy Analysis allows the evaluation of the sustainability of the Carbonization Process, for the reuse of sewage sludge from the Wastewater Treatment Plant Santa Clara-Lima, during 2014, for environmental decision making. The general method used was deductive-hypothetical, through the application of the Emergy Analysis methodology, in order to quantitatively valorize the sustainability of the Carbonization Process for the sewage sludge reuse. The following results were obtained: the Emergy Yield Ratio (EYR) has a value of 9,33, the Emergy Investment Index (EIR) showed a value close to 0 (0,12), the Environmental Loading Ratio (ELR) obtained a value of 2,11, and finally, the Emergy Sustainable Index (ESI) has a value of 4,4. These results revealed that the Carbonization Process for the reuse of the sewage sludge from the Wastewater Treatment Plant Santa Clara is sustainable, indicating that the process has a low environmental impact, has an economic return and energy efficiency (without generating losses), since this process depends on more renewable resources.

Keywords: Emergy analysis, emergy, sustainability, sewage sludge, environmental management, environmental valorization, environmental decision making.

En otros países su aplicación se considera prioritaria en la etapa de diseño de cualquier proyecto de gran envergadura [1], pues evalúa de forma anticipada los impactos ambientales, promoviendo el principio de prevención porque se evita que éstos ocurran.

En la investigación se evalúa la aplicación del método del análisis emergético para conocer la sostenibilidad de la alternativa de reutilización de los lodos residuales, mediante el proceso de carbonización, de la PTAR Santa Clara (en la ciudad de Lima), con el objetivo de conocer si el método del análisis emergético se puede utilizar para evaluar estos proyectos y si la alternativa propuesta es sostenible. Cabe resaltar que hasta la fecha no se ha realizado la aplicación de esta metodología en el Perú para evaluar la alternativa de carbonización de los lodos residuales generados en una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales). La presente investigación es pionera en el desarrollo y aplicación del análisis emergético en el Perú para este sistema.



Un factor adicional del que se quiso tener conocimiento es sobre la metodología adecuada para el cálculo de la emergencia de los lodos residuales. Debido a que éstos son un coproducto, junto con las aguas tratadas, del sistema de tratamiento de aguas residuales, es importante calcular de forma adecuada su valor de transformicidad, para conocer su emergencia contenida, ya que esta contribuye relevantemente a la contabilidad emergética total del proceso de carbonización (proceso en evaluación). Además, esta es la entrada principal y de mayor significancia al sistema, a razón de que es el material al que se le pretende dar una reutilización y tratamiento, así mismo, se pretende conocer la influencia que tiene en los resultados de los índices emergéticos.

En la literatura se encontraron dos autores que proponen diferentes metodologías para el cálculo del valor de transformicidad de coproductos [2, 3]. A partir de estos estudios, se proponen escenarios (cuatro) para calcular el valor de transformicidad de los lodos residuales y se discute su influencia en los resultados reflejados en los índices emergéticos.

Los resultados que se obtuvieron demostraron que la metodología propuesta por Kamp y Ostergard [2] no dan valores que puedan ser interpretados por los índices de la emergencia tradicional. Sin embargo, la metodología sugerida por Bala [3] arroja resultados interpretables por los índices emergéticos tradicionales, por ello es que se validó a esta metodología como la adecuada para el desarrollo del estudio y sus valores fueron tomados para interpretar los valores de sostenibilidad del proceso.

Al validar la metodología de Bala [3], se propuso el cuarto escenario (SW-4) para conocer la influencia de la sostenibilidad del proceso origen de un coproducto, el cual es una entrada para el proceso en evaluación, para ello se reemplazó la energía eléctrica (energía comprada) utilizada en el proceso de tratamiento de aguas residuales (proceso origen) por energía fotovoltaica (energía renovable), con el fin de conocer cuánto influye en el índice de sostenibilidad del proceso evaluado el uso de recursos renovables (energías más limpias).

Los resultados de este escenario evidenciaron que la sostenibilidad del proceso en evaluación depende de la sostenibilidad de los procesos que dieron origen a los recursos intervinientes. Esto representa un análisis profundo y confirma el enfoque sistémico del análisis emergético, lo que invita a analizar y mejorar las prácticas que anteceden al proceso en evaluación para incrementar la sostenibilidad de éste. Sobre este punto, la investigación busca valorar y hacer un llamado a la estandarización de la metodología utilizada para calcular la emergencia contenida de un coproducto que es entrada a un sistema/proceso, ya que éste es decisivo en los resultados finales y la adecuada interpretación de los índices emergéticos y la importancia de la sostenibilidad de los procesos aguas arriba para la sostenibilidad del proceso en evaluación.

Se corroboró la hipótesis planteada "El uso del análisis emergético permite la evaluación de la sostenibilidad de la alternativa planteada, el proceso de carbonización, para la reutilización de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Santa Clara, mediante una valoración cuantitativa de la sostenibilidad a través de los índices emergéticos, a través de la conversión a unidades comunes, de los flujos de energía, masa, y dinero, para la toma de decisiones sostenibles".

II. CONCEPTOS BÁSICOS

A. Calidad de energía

La calidad de la energía se basa en que los diferentes tipos de energía varían en su capacidad para realizar trabajo. Un ejemplo muy utilizado para explicar este fenómeno es que 1 joule de carbón y 1 joule de electricidad, aunque representan la misma cantidad de energía (1 joule), no representan la misma calidad de energía, ya que el potencial que tienen estos distintos tipos de fuentes de energía, actúan de forma distinta en un sistema al generar trabajo, por ejemplo algunos sistemas necesitarán recibir mayor o menor cantidad de energía, poco o mayor concentrada según sus necesidades para generar un trabajo específico [4], [5].

B. Emergencia

La emergencia se define como la energía solar usada directa o indirectamente para generar un producto o servicio. Es decir, es la cantidad de energía solar total que se invirtió o que es necesaria para generar ese bien o producto, las unidades de la emergencia son los joules equivalentes solares (sej) [1], [5]. Así la unidad de emergencia solar es la medida de las contribuciones ambientales (de materiales, recursos energéticos y sociales) que se invirtieron para la obtención del producto o servicio [5].

La emergencia se traduce como "memoria energética", pues se trata de calcular el costo en términos energéticos solares del conjunto de materiales y recursos usados en generar determinado producto o servicio (memoria de cuanto sol se invierte para la creación de ese producto o servicio). Se puede decir, entonces, que el valor emergético de un producto no es la energía que contiene el producto, sino la cantidad de energía que ha sido usada en la creación del producto o servicio [1].

C. Análisis (síntesis) emergético

En la década de los noventa surge una idea que integra la economía y la ecología, la síntesis emergética, lograda del trabajo de Howard. T. Odum, y Alfred J. Lotka en sus intentos de integrar sistemas ecológicos y económicos en términos cuantitativos, empleando la energía como lenguaje común. El análisis emergético o síntesis energética es una técnica de evaluación cuantitativa, de valoración ambiental, que determina la cantidad de emergencia directa o indirecta, de una clase, que ha sido usada durante cierto proceso para generar servicios y productos de diferentes calidades, basada en la conversión a unidades comunes de los flujos de energía, masa y dinero. Se puede considerar un sistema de contabilidad y de gestión ambiental; es decir, este método permite estimar el valor de los distintos componentes del sistema (contabilidad) y, de acuerdo al propio método, va a definir unas condiciones de sostenibilidad, proporcionando una serie de índices para evaluar esta última y realizar la toma de decisiones ambientales (gestión) [1], [5].

Es primordial hacer la aclaración sobre la selección de la energía solar como la energía de referencia, pues en el análisis emergético, ésta es la principal entrada de energía poco concentrada a la ecósfera (ecosistema global de la Tierra), es decir, en la Tierra la fuente más abundante de energía es la luz solar, pero, debido a que fluye en el espacio y tiempo, tiene una baja calidad en comparación a otras formas de energía de la Tierra derivadas desde ésta [1].

El análisis emergético se ha aplicado para realizar diversas evaluaciones, como la evaluación de la emergencia proveniente del sistema terrestre, como recursos ambientales y comprados, de combustibles, de la electricidad, para evaluar servicios, emergencia entrante por área, alternativas de desarrollo, emergencia de estados y naciones, de información, importaciones, servicios humanos, entre otros. Gracias a estos estudios, se ha generado una gran base de datos de la emergencia de muchos recursos, sistemas, procesos, productos y servicios, lo que permite tener cada vez mayores alcances de investigación mediante la aplicación de la síntesis emergética.

D. Transformicidad

A más transformaciones de energía que contribuyan a un producto/servicio, mayor es su transformicidad. Esto gracias a que para cada transformación, se utiliza energía disponible para producir una pequeña cantidad de energía de otro tipo, por lo tanto, aquel producto ocupa una mayor posición correspondientemente en la jerarquía de la energía [5]. De esta manera, la transformicidad se puede utilizar como valor de relación en la jerarquía de energía para indicar la calidad de la energía y su posición jerárquica [5].

Para poder transformar las diferentes calidades de energía a la calidad de energía solar correspondiente (emergencia), se usa un factor de equivalencia, la transformicidad, la cual informa qué cantidad de energía con calidad equivalente a la solar es necesaria para generar una unidad de energía de mayor calidad [5]. La transformicidad tiene unidades de seJ/unidad de energía.

La transformicidad es un indicador de las contribuciones del pasado ambiental que se han combinado para crear un recurso, así como el efecto potencial de un sistema que será el resultado de la utilización de ese recurso. Entonces, cuando la emergencia es utilizada previamente para hacer un producto se divide por la energía en el producto y deriva la transformicidad de ese producto [4].

E. Indicadores emergéticos

Para la interpretación de los resultados se calculan índices que explican el estado del sistema y permitan compararlo con otro. El modelo de la síntesis emergética proporciona diversos índices que permiten evaluar el estado del sistema y su sostenibilidad y apoyan en la toma de decisiones de gran trascendencia, introduciendo una nueva perspectiva en los análisis. El cálculo de una serie de índices del estado del sistema nos da información sobre diversas características del sistema estudiado, permite establecer comparaciones entre varios escenarios del manejo de un sistema, así como entre diversos sistemas y, por tanto, sirven de apoyo a la gestión. Igualmente, ayuda a evaluar la sostenibilidad del sistema, siempre dentro de los criterios del método [6].

EIR (Energy Investment Ratio): Es el índice de inversión energética; es la relación que hay entre la entrada de los recursos importados al sistema sobre la suma de los recursos renovables y no renovables.

$$EIR = F / (R + N)$$

Donde:

R: Recursos renovables.

N: Recursos no renovables.

F: Recursos comprados.

Cuanto menor sea este índice, más bajo será el costo económico del proceso. Así la alternativa que presente un menor índice tiende a ser más competitiva y a prosperar en el mercado. Generalmente cuanto mayor es la relación, mayor es el nivel de desarrollo económico del sistema.

EYR (Energy Yield Ratio): Es el índice de rendimiento emergético; indica la relación que hay entre la emergencia total del sistema sobre los recursos importados. Este índice es usado para estimar la dependencia que tiene el proceso sobre los recursos importados o comprados y para mostrar la contribución del capital natural local en la economía de la región o el proceso.

$$EYR = 1 + 1/EIR$$

Bajos valores de EYR indican un bajo beneficio económico y una competencia de mercado débil; por el contrario, altos valores de EYR indican la fuerte competencia que tiene el producto desarrollado y un alto beneficio económico. Es decir, cuanto mayor es este índice, mayor será la contribución de los recursos locales (renovables y no renovables) al sistema. Este índice también muestra qué tan eficientemente el sistema usa los recursos locales que tiene disponible. Simultáneamente revela la capacidad de un proceso para explotar los recursos locales (de fuentes renovables y no renovables) mediante la inversión económica de recursos provenientes del exterior.

$EYR < 5$ indica que en el proceso se utilizó una gran cantidad de recursos energéticos secundarios; materias primas como cemento, acero entre otros. $EYR > 5$ indica la utilización de recursos energéticos primarios y $EYR < 2$ indica que no hay contribución significativa de recursos locales y están asociados a procesos casi completamente manufacturados. Cuanto más alto es el índice de producción emergético, más energía está proporcionando un proceso al sistema frente a la que retira. ELR (Environmental Loading Ratio): Es el índice de carga ambiental, hace referencia a la relación que hay entre las entradas de los recursos no renovables al sistema y los recursos importados sobre los recursos renovables.

$$ELR = (F + N) / R$$

Los valores bajos de ELR indican que los procesos tienen un bajo impacto ambiental o cuentan con un área muy grande para diluir el impacto ambiental. Cuando el $ELR > 10$ hay una alta carga ambiental y cuando el $3 < ELR < 10$ el impacto es considerado moderado. Este índice es alto para sistemas con altas entradas no renovables o con altas emisiones al ambiente y aquellos procesos muy tecnológicos.

ESI (Emergy Sustainable Indices): Es el índice de sostenibilidad; indica la relación que hay entre el índice de rendimiento emergético y el índice de carga ambiental. Este índice refleja la capacidad que tiene un sistema para suministrar productos o servicios con un mínimo estrés ambiental y un máximo beneficio económico.

$$ESI = EYR / ELR$$

Cuando el $ESI < 1$ el proceso no es sostenible a largo plazo, cuando el $1 > ESI > 5$ se presenta una contribución sostenible a la economía durante periodos a mediano plazo. Con un $ESI > 5$ el proceso puede ser considerado sostenible a largo plazo. Pero es incorrecto pensar que entre mayor sea este índice, mucho mayor es la sostenibilidad del proceso.



III. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se muestran los resultados del análisis emergético del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara. En primer lugar, se presenta el Diagrama de Balance de Materia y Energía (Figura 1), los valores del balance permiten hacer los cálculos del análisis emergético, ya que proporcionan los requerimientos de los recursos que necesita el proceso (en unidades de joules, gramos o dinero por año).

Luego, se presenta el Diagrama de Análisis Emergético del Proceso de Carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara (Figura 2), que es la representación gráfica del funcionamiento del proceso, el cual permite conocer los componentes principales del sistema, los flujos y sus interacciones.

En seguida, se presenta la Tabla de Transformicidades (Tabla 1) asignadas a los recursos identificados en el Diagrama Emergético, que serán analizados y sus respectivas referencias, esto con el objetivo de facilitar la ubicación del estudio que desarrolló el valor, siguiendo las pautas recomendadas por la metodología del análisis emergético, para la estandarización de la presentación de resultados.

A fin de conocer la influencia de las metodologías en el análisis emergético, se plantean cuatro escenarios, con el objetivo de conocer la compatibilidad y las diferencias de las propuestas sugeridas (por los investigadores) con la teoría y las prácticas de la emergía tradicional y presentar una discusión de los valores reflejados en los índices emergéticos.

En la investigación, tenemos al Sistema de Tratamiento de Agua (de la PTAR Santa Clara), a partir del cual se generan dos principales coproductos: las aguas tratadas y los lodos residuales; el primero considerado como el producto final del proceso y el segundo, como un residuo, el cual hace de entrada para el proceso de carbonización (alternativa planteada para realizar el análisis emergético)

El escenario 1 (SW1) y el escenario 2 (SW2) se basan en las metodologías propuestas por Kamp y Ostergard [2]; mientras que el escenario 3 (SW3) se realiza de acuerdo a la metodología tradicional del análisis emergético (Bala y otros, 2015); para el escenario 4 (SW4) también se usó la metodología tradicional de Bala [3], lo que se varió en este escenario es la emergía atribuida por el recurso comprado de electricidad (recurso comprado), el cual se reemplazó por el recurso renovable de energía fotovoltaica, con el fin de conocer la medida en que la sostenibilidad varía cuando el proceso de origen del coproducto (s) evaluado depende de más recursos renovables.

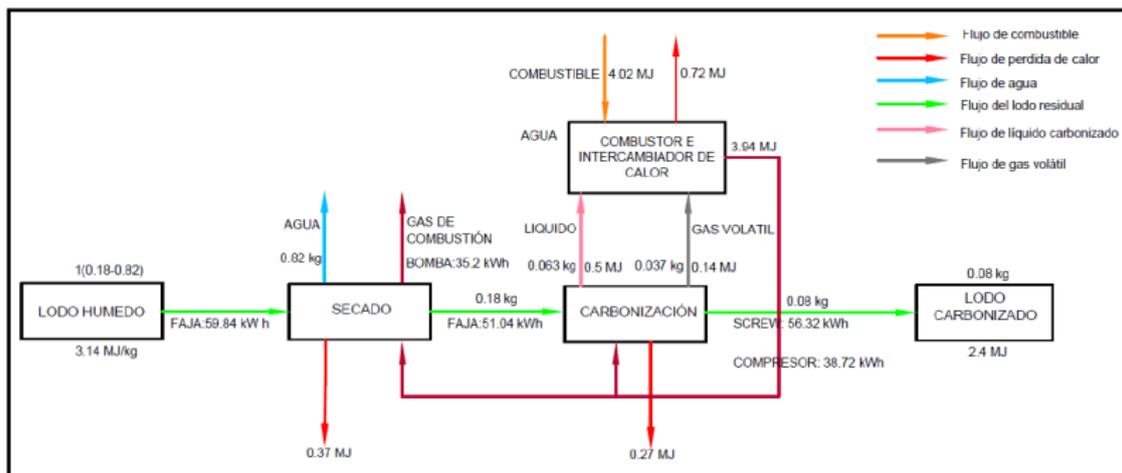


Figura 1. Diagrama de balance de materia y energía del proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara. Elaboración propia.

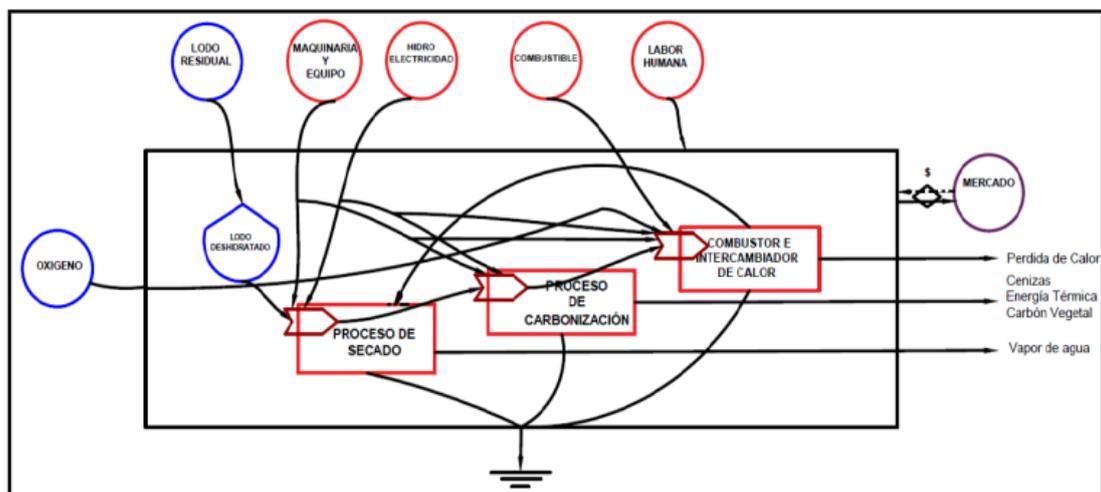


Figura 2. Diagrama de análisis emergético del proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara. Elaboración Propia.

Tabla 1. Transformicidades usadas en el análisis emergético y referencias

| Ítem | Transformicidad | Referencia |
|---------------------------|-----------------|------------------------|
| Lodo residual seco | 2,30 E + 13 | Ulgati y otros, 2014 |
| Oxígeno | 5,16E+07 | Ulgati y Brown, 2002 |
| Hidroelectricidad | 2,67E+05 | Siche y Ortega, 2007 |
| Maquinaria y equipo | 1,13E+10 | Winfrey y Tilley, 2015 |
| Labor humana | 7,24E+06 | Odum, 1996 |
| Combustible (gas natural) | 5,88E+04 | Siche y Ortega, 2007 |

Elaboración propia.

A continuación, se encuentran las tablas 2 y 3 del análisis emergético para el proceso de carbonización, donde, a partir de los datos del balance de materia y energía, se convierten las unidades de los recursos, mediante sus valores de transformicidad respectivos, en unidades de emergía.

También se realiza el cálculo de la emergía de los lodos residuales según los cuatro escenarios (SW1, SW2, SW3, SW4) para el cálculo de su transformicidad, es por ello que es el único ítem cuyos valores varían.

IV. RESULTADOS FINALES

En la tabla 4 se observa el Índice de Rendimiento Emergético (EYR) para el proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara con un valor de 9,33 que supera el límite superior de 5. Mientras más alto sea este índice, más energía proporcionará al proceso frente a lo que se retira. Por lo tanto el proceso de carbonización es energéticamente rentable porque presenta un buen rendimiento emergético y, por ende, un buen rendimiento económico.

Tabla 2. Evaluación emergética del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara

| Nota | Ítem | Recurso (R.N.F) | Unidades (J.go \$) | Data (Unidad/año) | Emergía solar / Unidad (sej/unidad) | Emergía solar (sej/año) | Em \$ (\$/año) |
|------|------------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Escenario SW1 (lodo residual seco) | R | J | 2,01 E+08 | 1,187 E+13 | 2386 | 2,36 E+8 |
| | Escenario SW2 (lodo residual seco) | R | J | 2,01 E+08 | 6,83 E+12 | 1373 | 1,36 E+8 |
| | Escenario SW3 (lodo residual seco) | R | J | - | - | 12,1 | 1,20 E+06 |
| | Escenario SW4 (lodo residual seco) | R | J | - | - | 13,4 | 1,34 E+06 |
| 2 | Oxígeno | R | G | 512474 2560 | 5,06 E+07 | 0,259 | 2,56 E+04 |
| 3 | Hidroelectricidad | F | J | 1,41 E+13 | 2,67 E+05 | 3,76 | 3,72 E+05 |
| 4 | Maquinaria y equipo | F | g | 266700 0 | 1,13 E+10 | 0,03 | 2,97 E+03 |
| 5 | Labor humana | F | J | 3,19 E+10 | 7,24 E+06 | 0,231 | 2,11 E+04 |
| 6 | Combustible (gas natural) | NR | J | 2,06 E+14 | 5,88 E+04 | 22,11 | 2,19 E+06 |

Elaboración propia.

Tabla 3. Cálculo de los índices emergéticos del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara (escenarios SW1; SW2; SW3; SW4)

| Índice emergético | Valores | | | | Intervalos |
|-----------------------------------|---------|--------|-------|-------|------------|
| | SW1 | SW2 | SW3 | SW4 | |
| R | 2386 | 1373 | 12,36 | 13,70 | |
| N | 22,11 | 22,11 | 22,11 | 22,11 | |
| F | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | |
| U | 2412 | 1399 | 38,49 | 39,79 | |
| EYR (Energy Yield Ratio) | 599,8 | 348,22 | 9,33 | 10,09 | 2<>5 |
| EIR (Energy Investment Ratio) | 0,002 | 0,003 | 0,12 | 0,11 | +<>- |
| ELR (Enviromental Loading Ratio) | 0,01 | 0,02 | 2,11 | 1,91 | 3<>10 |
| ESI (Energy Sustainability Index) | 59980 | 17410 | 4,42 | 5,28 | 1<>5 |

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 4. Cálculo del índice de rendimiento emergético (EYR) del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara

| Índice emergético | Valores | Intervalo |
|-----------------------------|---------|-----------|
| R | 12,359 | |
| N | 22,11 | |
| F | 4,02 | |
| U | 38,49 | |
| EYR (Emergy Yield Ratio) | 9,33 | 2<>5 |

Elaboración propia

Tabla 5. Cálculo del índice de inversión emergética (EIR) del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara

| Índice emergético | Valores | Intervalo |
|----------------------------------|---------|-----------|
| R | 12,359 | |
| N | 22,11 | |
| F | 4,02 | |
| U | 38,49 | |
| EIR (Emergy Investment Ratio) | 0,12 | +<>- |

Elaboración propia

Tabla 6. Cálculo del índice de carga ambiental (ELR) del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara

| Índice emergético | Valores | Intervalo |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| R | 12,359 | |
| N | 22,11 | |
| F | 4,02 | |
| U | 38,49 | |
| ELR (Environmental Loadign Ratio) | 2,11 | 3<>10 |

Elaboración propia

Tabla 7. Cálculo del índice de sostenibilidad (ESI) del proceso de carbonización para la reutilización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara

| Índice emergético | Valores | Intervalo |
|--------------------------------------|---------|-----------|
| R | 12,359 | |
| N | 22,11 | |
| F | 4,02 | |
| U | 38,49 | |
| ESI (Emergy Sustainability Index) | 4,42 | 1<>5 |

Elaboración propia

El índice de inversión emergética (EIR) (ver tabla 5) exhibe el valor que se encuentra cerca al 0. Esto indica que la alternativa de carbonización tiene un bajo costo económico, que lo hace competitivo.

Esto quiere decir que el proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara necesita poca inversión para llevarse a cabo; es decir, la emergía atribuida a los recursos importados (F) respecto a la emergía total es muy baja.

El índice de carga ambiental (ver tabla 6) para el proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara es bajo, con un valor de 2,11, menor al límite inferior del intervalo (3). El proceso de carbonización es ambientalmente aceptable, pues que tiene altas entradas renovables.

El índice de sostenibilidad (ver tabla 7), que permite relacionar el aspecto ambiental (ELR) con el rendimiento emergético (EYR), muestra un valor de 4,4, se acerca al valor superior (5) del intervalo, lo que hace al proceso de carbonización de los lodos residuales sostenible a mediano plazo y con potencialidad a largo plazo.

El proceso de carbonización de los lodos residuales de la PTAR Santa Clara es sostenible, porque tiene un rendimiento económico-energético y es ambientalmente aceptable, pues el proceso presenta un bajo estrés ambiental y económicamente es viable (no genera pérdidas), esto debido a la mayor dependencia del proceso de los recursos renovables y no de los no renovables (a largo plazo, solo sistemas con un alto porcentaje de emergía renovable son sostenibles).

El análisis emergético hizo posible la evaluación de la sostenibilidad de la alternativa de reutilización, mediante el proceso de carbonización, de lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Santa Clara-Lima. Asimismo, presenta un enfoque sistémico, ya que incluyó los flujos aguas arriba de los coproductos generados. Para esto, se evaluó conjuntamente a todos los procesos de producción, para conocer el costo ambiental real de producción del producto. De hecho, integra los aspectos fundamentales de la sostenibilidad: el económico, el ambiental y el energético.

Mediante los índices emergéticos, se pudo conocer la relación de los recursos intervinientes para el funcionamiento del proceso de carbonización. De esta forma, se obtuvo valores cuantitativos relacionados al rendimiento energético-económico, ambiental y de sostenibilidad, lo que permite realizar comparaciones con otros sistemas e identificar los recursos con más intervención en el sistema, lo que es una herramienta útil para proponer soluciones y mejoras objetivas para el desarrollo sostenible del sistema en cuestión, facilitando y promoviendo la toma de decisiones ambientales responsables.

Los lodos residuales, que por mucho tiempo han sido percibidos como un desecho sin valor en el momento de su coproducción, vienen demostrando muchas potencialidades para su reutilización. Estos estudios necesitan usar herramientas útiles que anticipen, prueben y justifiquen estas potencialidades, además de que integren los temas de interés de los stakeholders, que generalmente son el aspecto económico-social, ambiental y energético. El análisis emergético, además de integrar estos aspectos en su análisis, presenta una métrica de la sostenibilidad, lo que ayuda a interpretar resultados y, a la hora de querer hacer cambios para mejorar la sostenibilidad, saber cómo hacerlo y el grado de esta mejora, además del beneficio de contar con datos cuantitativos, permite compararlos con otras alternativas y sistemas.

Para este estudio solo se tomó en análisis el proceso de carbonización, mas no se consideraron el transporte, la esta-

bilización y presecado de los lodos residuales, entre otros aspectos, los cuales deben ser tomados en cuenta para un análisis integral y de mayor detalle del subsistema de reutilización de los lodos residuales (sub ya que se considera como sistema general al tratamiento de aguas residuales).

V. CONCLUSIONES

El comportamiento sostenible del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la PTAR Santa Clara queda incompleto si no se gestiona integralmente la disposición/reutilización de los lodos residuales. Para propiciar un desarrollo sostenible es importante que la gestión se oriente a la mitigación de los impactos ambientales asociados a todas las salidas del sistema (desechos), al rendimiento energético y al desarrollo económico. Por ello, es indispensable la aplicación de nuevas alternativas que ayuden a controlar los impactos ambientales, gestionen un mejor rendimiento energético y a la vez sean una oportunidad para el desarrollo económico. El estudio (mediante los resultados arrojados por el índice de sostenibilidad) demostró que la alternativa planteada, la carbonización de los lodos residuales, es sostenible desde el punto de vista ambiental, energético y económico, ya que tiene un impacto ambiental bajo, un rendimiento energético y económico a mediano y largo plazo, por lo que presenta un gran potencial para su desarrollo práctico. Se contribuye así con los desafíos del Sistema Nacional de Gestión Ambiental con respecto al desarrollo sostenible, mediante la gestión adecuada de los recursos de un proceso/sistema para un óptimo desempeño ambiental.

La investigación demuestra que la metodología del análisis emergético es una herramienta útil para la gestión ambiental, porque permite valorizar la sostenibilidad del proceso cuantitativamente (carbonización de los lodos residuales). Además, tiene una visión global e integradora del comportamiento del proceso, ya que evalúa los principales recursos de entrada empleados (directos e indirectos), y se evidenció la influencia en la sostenibilidad de los procesos aguas arriba en el proceso evaluado, lo que enfatiza la importancia de la gestión sistémica de los procesos. Así mismo, mediante el cálculo de los índices emergéticos, permitió obtener valores cuantitativos del comportamiento ambiental, energético y económico del proceso, lo que crea la oportunidad de poder hacer comparaciones con otros sistemas o alternativas, así como realizar mejoras o correcciones, lo que permite orientar la toma de decisiones multicriterio acertadas.

El estudio es una guía para mejorar la gestión de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales, así como para el desarrollo futuro de otros estudios relacionados.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Se requiere un estudio actualizado de la sostenibilidad de la economía del Perú. El que está disponible, usado en esta investigación, data del año 2007. Es importante para no incurrir en un margen de error respecto a la valorización económica del proceso. Debido a que el cálculo de la sostenibilidad del proceso no requiere del EMR (Emergy Money Ratio), el cual se usa para conocer el EIR (Índice de Inversión Emergética) y no para calcular el ESI (Índice de Sostenibilidad), los resultados del estudio no han sido afectados.

Se debe alinear el álgebra de la metodología emergética con otras metodologías potencialmente compatibles, por ejemplo con el análisis de ciclo de vida, de forma que se obtenga un mayor alcance informativo de procesos y sistemas con la integración de estos enfoques.

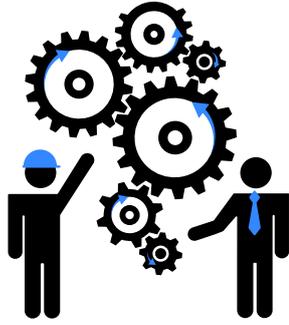
Se deben realizar más estudios sobre índices emergéticos que reflejen el comportamiento de sistemas que reciclan entradas (como el caso de estudio), los que a su vez se encuentren alineados con la metodología de la emergía tradicional.

VII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Continental, por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales. Al laboratorio N.º 21 de Investigación y Química Aplicada de la Universidad Nacional de Ingeniería, por facilitar los resultados del análisis de la muestra correspondiente a la investigación. Al Centro para la Política Ambiental de la Universidad de Florida, por facilitar información imprescindible para el desarrollo de la investigación. Me complace agradecer a mi asesor de tesis, el Ing. Jacinto Arroyo, quien siempre promovió en mí la investigación y fue guía y amigo en el desarrollo de la tesis. Agradezco al Ing. Omar Bejarano por sus aportes y orientaciones, fundamentales para la culminación de la tesis.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. CANO, "Análisis mediante el método emergético de la disposición de lodos producidos en una planta de tratamiento de aguas residuales (Aplicación a una PTAR en el área metropolitana del valle de Aburra)", Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2012, pp. 178.
- [2] A. KAMP y H. OSTERGARD, "How to manage co-product inputs in emergy accounting exemplified by willow production for bioenergy", Department of Chemical and Biochemical Engineering, Technical University of Denmark, 2013.
- [3] A. BALA, M. RAUGER, M. RIPA, S. ULGIATI, "Dealing with waste products and flows in life cycle assessment and emergy accounting: methodological overview and synergies", thesis, Program in Environmental Science and Technology, Faculty of Technology, Design and Environment, Oxford Brookes University, Department of Science and Technology, 2015.
- [4] A. HADEN, "Emergy evaluations of denmark and danish agriculture. Centre for Sustainable Agriculture, Swedish University of Agricultural Sciences". Tesis, Suecia, 2003.
- [5] H. ODUM, "Emergy evaluation," International workshop, advances in emergy flows in ecology and economy, Venere: s.n., 1998.
- [6] P. LOMAS, B. MARTIN, M. RODRIGUEZ y C. MONTES, "La síntesis emergética (emergy synthesis)". Integrando energía, ecología y economía, Madrid: Publicaciones de la Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez, 2007, p. 77.



IMPORTANCIA DEL MÉTODO DE COEFICIENTES DEL ACI EN EL DISEÑO DE LOSAS CONTINUAS DE CONCRETO ARMADO

Method importance of ACI coefficients in the design of reinforced concrete continuous slabs

Natividad A. Sánchez Arévalo¹, Carlos Lermo Zuñiga², Jeysi Ochoa Laguna³

¹ Magíster en Ingeniería Civil, docente de Concreto Armado de la Universidad Continental
Correo electrónico: nsanchez@continental.edu.pe

² Ingeniero Civil, Universidad Continental
Correo electrónico: clermo19@hotmail.com

³ Bachiller en Ingeniería Civil, Universidad Continental
Correo electrónico: jeysi8a@hotmail.com

Resumen— El método de los coeficientes del ACI [1] es una herramienta que permite a los ingenieros civiles diseñar, en forma muy simplificada, vigas y losas horizontales que corresponden a sistemas estructurales continuos con apoyos simples y/o muros o columnas, sometidos a cargas de gravedad. Los coeficientes proporcionados por este método son los resultados de considerar las alternancias de cargas en las vigas o losas continuas.

Al aplicar este método, surge la controversia del tipo de coeficientes que se deben emplear en los apoyos que constituyen muros o columnas, además de no entender la discontinuidad con que se dibujan los diagramas resultantes de momentos flectores. Para aclarar estas dudas y tener la seguridad de que la aplicación de este método es confiable, en el presente artículo se plantea una estructura típica de cuatro tramos, para dos tipos de aligerados: uno con apoyos simples y otro con la combinación de apoyos simples y muros.

Para los dos tipos de losa, se obtienen los diagramas de momentos flectores y se analizan las estructuras de dos maneras: con el método de coeficientes y con el programa SAP 2000, para diferentes configuraciones de luces contiguas y en cada una de ellas para diferentes casos de apoyos y cargas, considerando la alternancia de cargas vivas.

Los resultados del análisis demuestran buena aproximación entre aquellos obtenidos con el método de coeficientes y aquellos obtenidos analíticamente con el programa SAP.

Se concluye que el método del ACI [1] permite trabajar en forma rápida y precisa, con la garantía de obtener resultados confiables porque considera la alternancia de cargas. Siempre y cuando se cumpla con las limitaciones del método.

Palabras clave: Coeficientes ACI; alternancia de cargas; momentos flectores; apoyos continuos y discontinuos.

Abstract— The ACI coefficient method is a tool that allows the engineer to design, in a rather simplified way, beams and slabs that correspond to continuous structural systems with simple supports and/or walls or columns, subjected to weight charges. The coefficients provided by this method are the results of considering the alternation of charges between the beams or continuous slabs.

By applying this method, the controversy of the nature of coefficients to use on supports that constitute walls or columns may rise, also from misunderstanding the discontinuity with which some bending moments resulting diagrams may be drawn. To clear these doubts and have the security that the application of this method is trustworthy, it is proposed in the present article, a common four-sectioned structure, in which will be present two different kinds of lightened slabs, one with simple support structures and another one with the combination of simple supports and walls.

From the mentioned types of slab, the bending moments diagrams are obtained by analyzing the structure in two different ways: With the coefficient method; and with the program SAP 2000, for different configurations and on each one of them for different kinds of supports, spans and charges, considering the alternation of live charges.

The analysis results show good approximation between the ones obtained with the coefficients method and the ones obtained analytically with SAP, considering the alternation of live charges.

In conclusion, the ACI method allows working in a quick and precise manner, with the guarantee of obtaining trustworthy results since it considers the alternation of charges. As long as the limitations of the method are complied.

Keywords: ACI coefficients, charges alternation, bending moments, continuous and discontinuous support.

I. INTRODUCCIÓN

Los objetivos del presente artículo son:

- 1) Demostrar que el método de coeficientes proviene de los resultados obtenidos del análisis estructural de vigas continuas con alternancia de cargas vivas.
- 2) Demostrar que el método de coeficientes tiene resultados muy aproximados a los obtenidos por análisis más exactos, siempre y cuando se cumplan las limitaciones establecidas por el método.
- 3) Puntualizar los coeficientes empleados para los apoyos extremos cuando estos se tratan de muros o columnas.

Para dicho fin con base en la estructuración de la planta de una losa aligerada de un centro educativo de tres pisos, con dos tipos de aligerados: el aligerado «a», con 3 apoyos muros y 2 apoyos vigas, y el aligerado «b», con la totalidad de apoyos vigas, se desarrollan los siguientes temas:

La metodología utilizada especifica el uso de los métodos de análisis estructural para calcular los momentos flectores de las losas, según los casos planteados en II. Se utiliza el método de coeficientes del ACI y el método de análisis con el programa SAP2000.

Las configuraciones, modelos y análisis estructural comprende:

1. Configuraciones de las losas aligeradas: con luces iguales, con luces contiguas aproximadamente iguales, con luces contiguas desiguales con diferencias superiores al 20% y con carga viva superior a tres veces la carga muerta.
2. Para las tres primeras configuraciones se han desarrollado los siguientes casos:

- Casos del aligerado a con apoyos combinados:
 - Caso 1: Vigas y muro de albañilería artesanal
 - Caso 2: Vigas y muro de albañilería Industrial
 - Caso 3: Vigas y muro de concreto armado $e=0.25m$
 - Caso 4: Vigas y muro de concreto armado $e=0.30m$
- Casos del aligerado b
 - Caso 5: Todos los apoyos son vigas

Para la última configuración, se ha desarrollado solo el caso que corresponde al aligerado «b» con todos los apoyos simples.

II. METODOLOGÍA UTILIZADA

Los métodos utilizados para el logro de los objetivos de este artículo son 1) el método de coeficientes del ACI y 2) el método analítico, con la utilización del programa SAP 2000.

1. El método de coeficientes del ACI[1]

Este método, reconocido, por la Norma Técnica de Concreto Armado E 0.60 [2], permite calcular momentos y fuerzas cortantes para el diseño de elementos continuos.

Se puede utilizar como alternativa al análisis estructural de pórticos continuos para cargas de gravedad.

Las limitaciones de este método son:

- Vigas continuas, losas aligeradas o losas armadas en una dirección.
- Deben de haber dos o más tramos de luces más o menos iguales. La luz del tramo mayor, de dos adyacentes, no debe exceder en más del 20 % de la luz del menor ($L_{\text{mayor}} \leq 1.2 L_{\text{menor}}$).
- Elementos prismáticos de sección constante.
- La carga viva no debe exceder de tres veces la carga muerta.
- Solo debe haber cargas uniformemente distribuidas. Las cargas muertas y vivas uniformemente distribuidas en cada uno de los tramos tienen la misma intensidad.
- El pórtico, al cual pertenece la viga bajo análisis, debe estar arriostrado lateralmente sin momentos importantes debidos al desplazamiento lateral de la estructura producido por la carga de gravedad.

2. El método analítico utilizando el programa SAP 2000

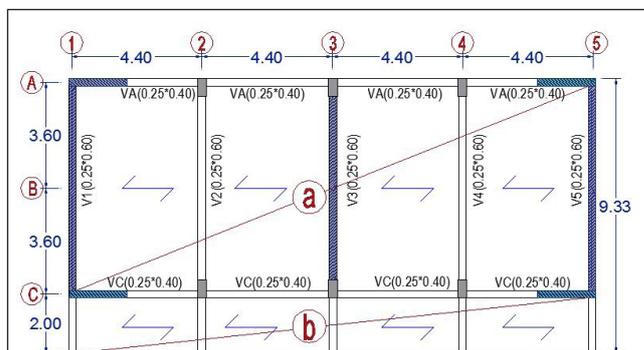
A fin de encontrar la autenticidad de los valores obtenidos con el método de coeficientes, se utilizará el programa SAP 2000 en cada uno de los casos que se analice según se indica en la introducción.

En cada uno de los casos mencionados, se desarrollarán las alternancias de cargas vivas para hallar los valores más desfavorables.

III. CONFIGURACIONES, MODELOS Y ANÁLISIS ESTRUCTURALES

3.1. Configuraciones de losas aligeradas para un centro educativo de tres pisos.

3.1.1 Losa aligerada con luces iguales.



– Casos del aligerado a con apoyos combinados:

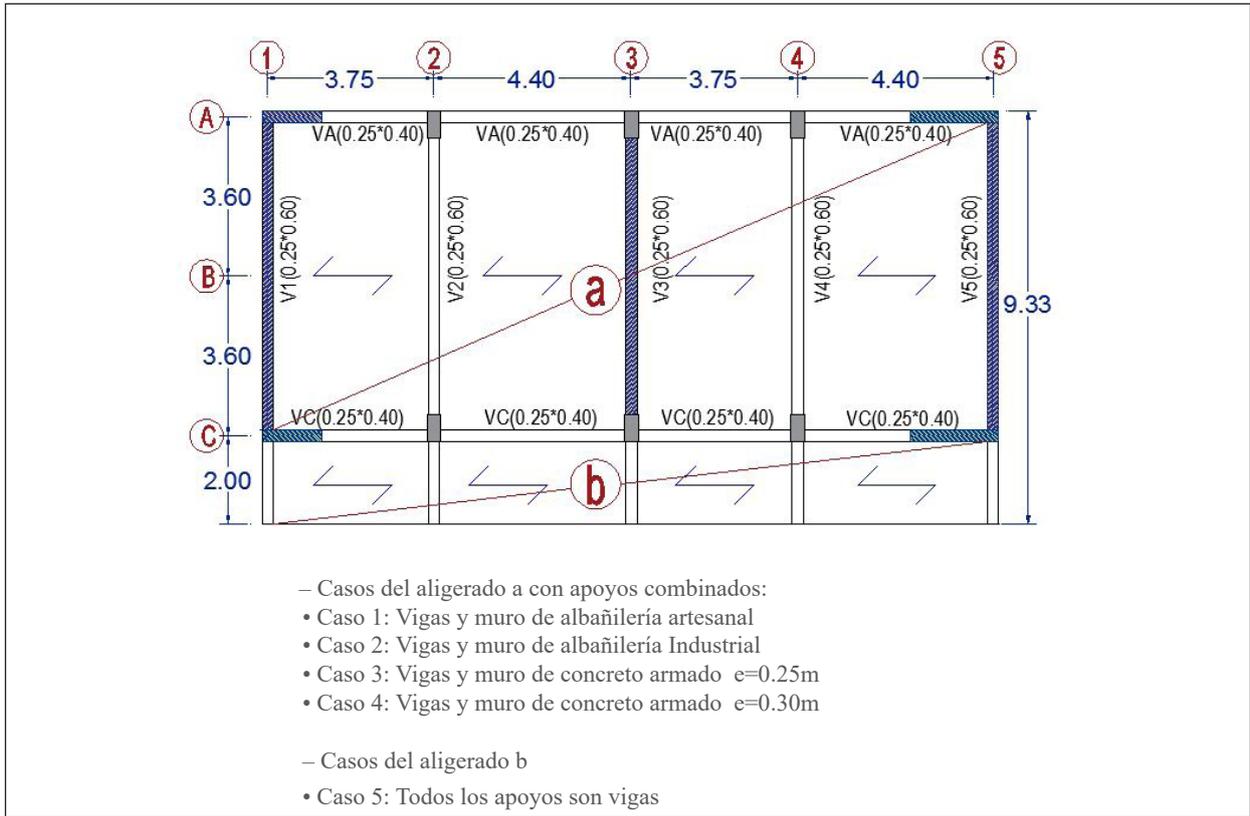
- Caso 1: Vigas y muro de albañilería artesanal
- Caso 2: Vigas y muro de albañilería Industrial
- Caso 3: Vigas y muro de concreto armado $e=0.25m$
- Caso 4: Vigas y muro de concreto armado $e=0.30m$

– Casos del aligerado b

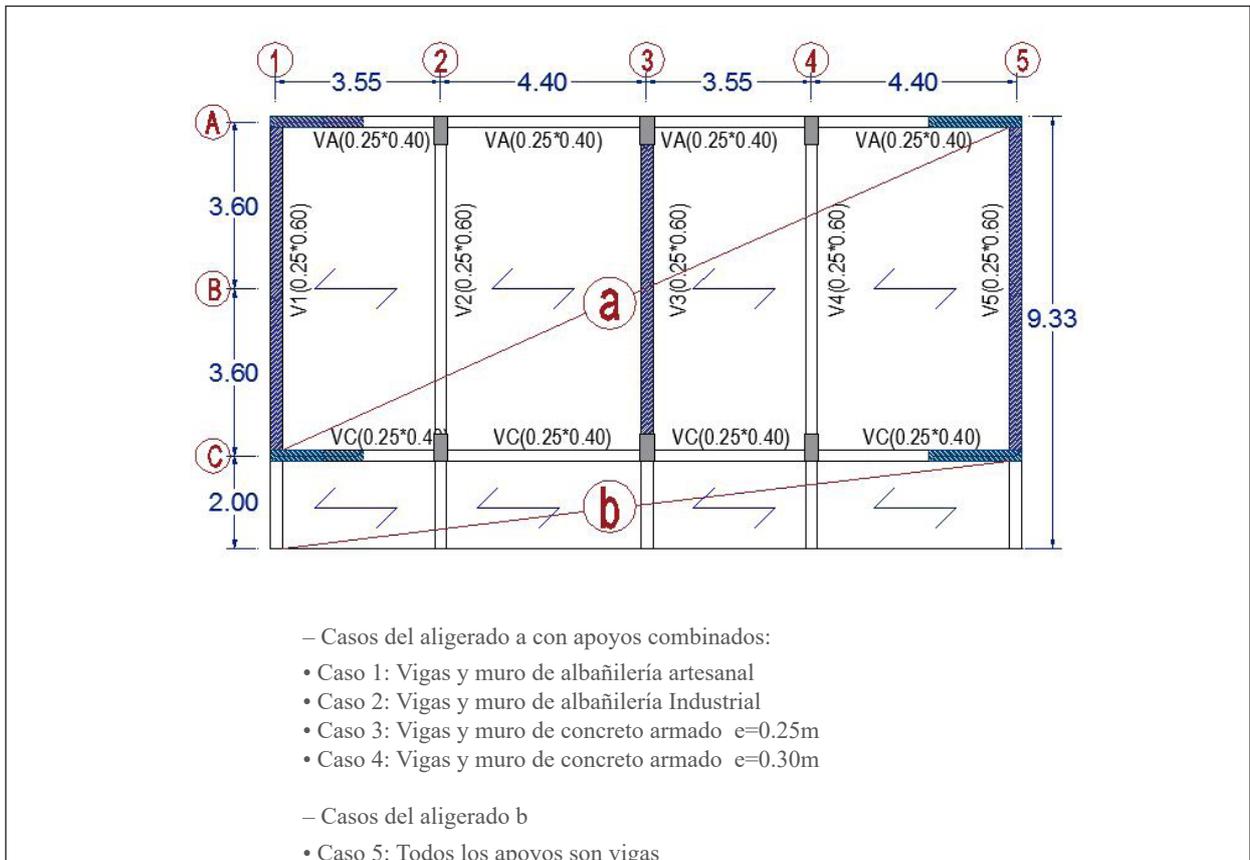
- Caso 5: Todos los apoyos son vigas



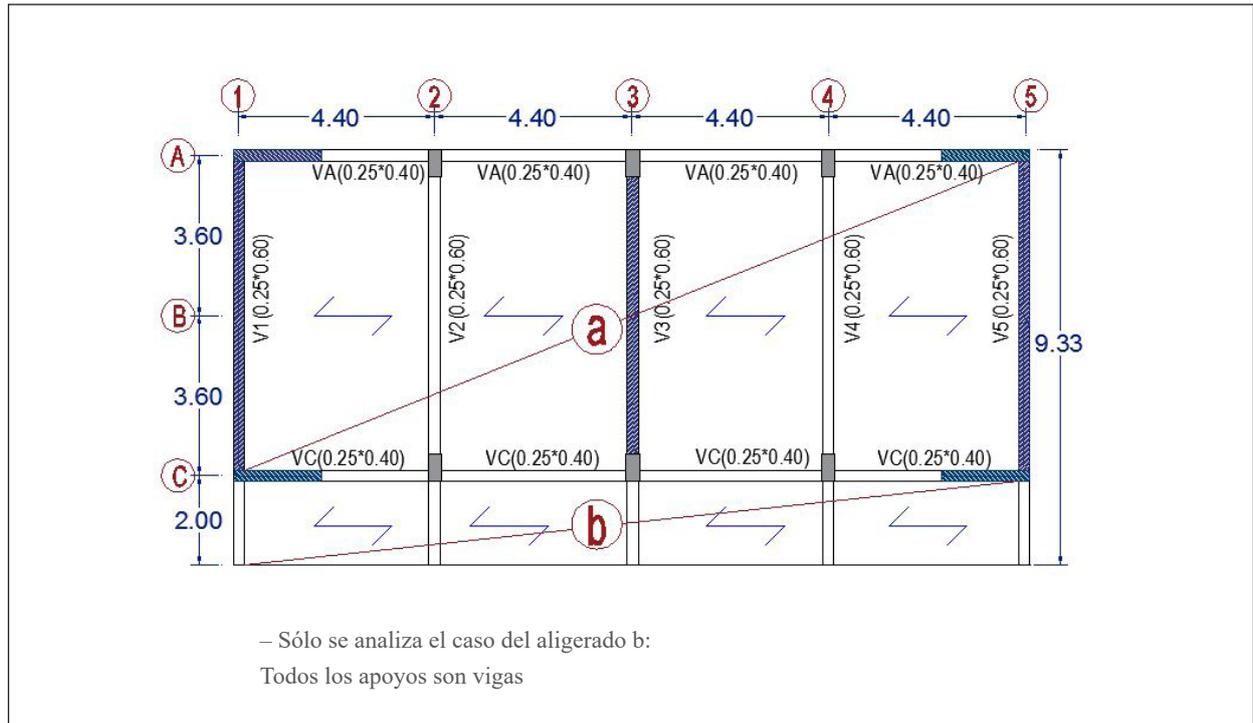
3.1.2 Losa aligerada con luces contiguas aproximadamente iguales con variaciones dentro de 20 %.



3.1.3. Losa aligerada con luces contiguas desiguales con variaciones mayores al 20%.



3.1.4. Losa aligerada b con luces iguales, pero con carga viva mayor que tres veces la carga muerta.



3.2. Modelos y análisis estructurales con los métodos del ACI y el programa SAP

Leyenda

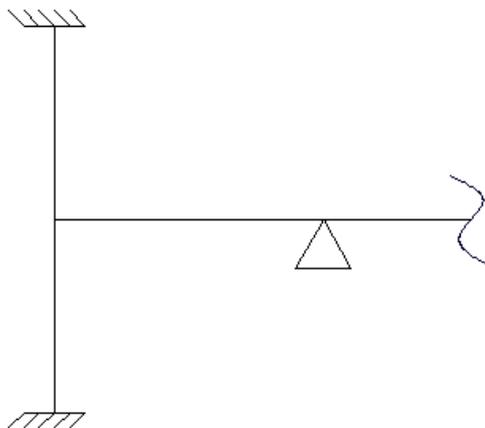
- momentos obtenidos con el SAP
- momentos obtenidos con el método de coeficientes del ACI

Variables

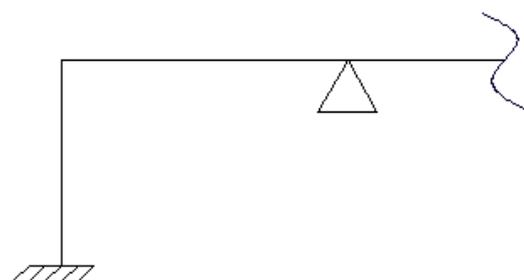
- l_{n1}, l_{n2} = luz libre de cada tramo
- l_n = luz libre correspondiente al tramo
- l_n de tramo central = $l_{n1} l_{n2}$
- l_n de apoyos = promedio de luz libre de tramos contiguos
- W = carga última = $(1.4 \text{ cm} + 1.7 \text{ cv})$

En cada caso, la existencia de muros se presenta de dos maneras, según A. San Bartolomé [4]:

Con continuidad vertical
 (entrepiso)



Sin continuidad
 (último piso)





3.2.1. Losa aligerada con luces iguales

| Casos | Entrepiso | | | | | Último piso | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| CASO 1 | $\frac{w \cdot l_n^2}{20}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{20}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{31}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{31}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ |
| CASO 2 | $\frac{w \cdot l_n^2}{15}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{15}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| CASO 3 | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| CASO 4 | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ |
| CASO 5 | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ |

Para todos los casos $l_n = 4.15 \text{ m}$

3.2.2. Losa aligerada con luces contiguas aproximadamente iguales con variaciones dentro de 20 %.

| Casos | Ente p iso | | | | | Últim iso | | | | |
|--------|--|--|---|--|--|----------------------------------|--|---|--|--|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ② | ③ | ④ | ⑤ | |
| Caso 1 | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{20}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{2}{37}$ $\frac{2}{24}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{30}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ |
| Caso 2 | $\frac{w \cdot l_n^2}{17}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{15}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{2}{24}$ $\frac{2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{21}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| Caso 3 | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{2}{12}$ $\frac{2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| Caso 4 | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{2}{11}$ $\frac{2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ |
| Caso 5 | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{2}{24}$ $\frac{2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ |

Para todos los casos:
 $l_n1 = 3.5 \text{ m}$
 $l_n2 = 4.15 \text{ m}$

3.2.3. Losa aligerada con luces contiguas desiguales

| Casos | Entr e piso | | | | Últim o piso | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | ① | ② | ③ | ④ | ① | ② | ③ | ④ | |
| Caso 1 | $\frac{w \cdot l_n^2}{25}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{20}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{20}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| Caso 2 | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{18}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{15}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{16}$ |
| Caso 3 | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ |
| Caso 4 | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{12}$ |
| Caso 5 | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ |

Para todos los casos:
ln1=3.3 m; ln2=4.15 m

3.2.4. Losa aligerada b con luces iguales, pero con carga viva mayor que tres veces la carga muerta

| Casos | Entrepiso | | | | | Último piso | | | | |
|--------|--|---|--|---|--|--|---|--|---|--|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| Caso 1 | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{11}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{9}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{10}$ | $\frac{w \cdot l_n^2}{24}$ $\frac{w \cdot l_n^2}{14}$ |

Dónde ln=4.15 m

3.3. Discusión y análisis de resultados

De todos los análisis efectuados con el programa SAP, se deduce:

- Que los momentos negativos intermedios y positivos de los tramos extremos se aproximan a resultados obtenidos con el método de coeficientes del ACI
- Los momentos positivos intermedios resultan con un coeficiente promedio de 1/20, mientras que el ACI especifica $w \cdot l_n^2 / 16$. Sin embargo, en el análisis ejecutado para una carga cercana al límite máximo permisible por el método del ACI se llega a obtener un coeficiente muy cercano al $w \cdot l_n^2 / 16$
- La presencia de muros en los apoyos intermedios dan resultados de momentos negativos y positivos similares a los obtenidos con apoyos vigas.
- La presencia de muros en los apoyos extremos da resultados concordantes con el ACI.
- Los momentos negativos en los apoyos extremos, G. Otazzi [3], resume de la siguiente manera:
En apoyos simples y apoyos de muros de albañilería artesanal discontinuos:

$$w \cdot l_n^2 / 24$$

En apoyos de muros de albañilería artesanal continuos, albañilería industrial, concreto armado que tengan una relación de rigidez:

$$\frac{\Sigma \text{rigideces de muros}}{\text{rigidez de viga}} \leq w \cdot l_n^2 / 16$$

En apoyos de muros de concreto que tengan una relación de rigidez:

$$\frac{\Sigma \text{rigideces de muros}}{\text{rigidez de viga}} > 8 \quad w \cdot l_n^2 / 12$$

Nota:

$$\text{Rigidez} = \frac{E \cdot I}{l}$$

E es módulo de elasticidad del material

I es momento de inercia de la sección

l es la luz libre del elemento

E para la albañilería artesanal es 17500 kg/cm²

E para la albañilería industrial es 32500 kg/cm²

E para el concreto (f'c= 210kg/cm2) es 217371 kg/cm²





| Casos | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | Leyenda |
|---|---|---|---|---|---|--|
| Caso 1: Apoyos combinados de vigas y muro de albañilería artesanal en los extremos. | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> momentos sólo para entrepisos momentos sólo para últimos pisos momentos para entrepisos y últimos pisos |
| Caso 2: Apoyos combinados de vigas y muros de albañilería industrial en los extremos. | | | | | | |
| Caso 3: Apoyos combinados de vigas y muros de concreto armado e=0.25 m en los extremos. | | | | | | |
| Caso 4: Apoyos combinados de vigas y muros de concreto armado e=0.30 m en los extremos. | | | | | | |
| Caso 5: Todos los apoyos son vigas. | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ln_1, ln_2, ln_3, ln_4= luz libre de cada tramo • ln=luz libre correspondiente al tramo ln de tramo central=ln_1, ln_2, ln_3 o ln_4 ln de apoyos= promedio de luz libre de tramos contiguos • W = carga última=(1.4 cm + 1.7 cv) | | | | | | |

IV. CONCLUSIONES

Para losas apoyadas totalmente en vigas y/o con apoyos extremos de muros de albañilería artesanal, los resultados obtenidos por el SAP con las alternancias de cargas vivas son:

- Para los apoyos extremos, los momentos negativos se acercan a cero. Sin embargo, se conoce que en investigaciones experimentales, efectuadas en concreto armado para vínculos monolíticos, se ha encontrado que estos toman un momento equivalente a $w \cdot ln^2/24$.
- Para los apoyos y tramos intermedios, los momentos positivos y negativos obtenidos son similares a aquellos obtenidos por el método de coeficientes del ACI, a excepción de los momentos positivos interiores, que son menores a los del ACI. Sin embargo, se debe aclarar que para los casos donde las cargas vivas se acercan al límite máximo permitido, según se muestra en el ítem 2.4, se cumple que el coeficiente para los momentos positivos internos es $w \cdot ln^2/16$.

Para las losas con apoyos combinados entre muros de albañilería industrial y de concreto armado con vigas, los resultados obtenidos por el SAP con alternancia de cargas vivas son:

- Para los apoyos extremos, que son muros de albañilería confinada industrial, los momentos negativos se acercan a $w \cdot ln^2/16$, resultados que concuerdan con el método del ACI.

- Para los apoyos extremos, que son muros de concreto armado con espesor igual a 0.25 m, cuando existe continuidad vertical en el muro, los momentos negativos se acercan a $w \cdot ln^2/12$; pero, si el muro es discontinuo, es decir solo soporta en la parte inferior, los momentos negativos se acercan a $w \cdot ln^2/16$, concuerda así con el método del ACI.
- Para los apoyos extremos, que son muros de concreto armado con espesor igual a 0.30 m, cuando existe continuidad vertical en el muro y si el muro es discontinuo, los momentos negativos se acercan a $w \cdot ln^2/12$, concuerda con el método del ACI.
- Para los apoyos y tramos intermedios, los momentos positivos y negativos obtenidos son similares a los obtenidos con el método de coeficientes del ACI, a excepción de los momentos positivos interiores, que son menores a los del ACI.

Cabe resaltar que para los casos donde las cargas vivas se acercan al límite máximo permitido, según se muestra en el ítem 2.4, se cumple que el coeficiente para los momentos positivos internos es $w \cdot ln^2/16$.

- Para las losas planteadas con luces y cargas vivas que están fuera de las limitaciones del ACI, tal como se muestra en los ítems 2.3 y 2.4, no se puede cumplir con el método del ACI.

- De lo que antecede, se deduce que el método de coeficientes del ACI, constituye una gran herramienta alternativa para calcular momentos flectores, en forma rápida y precisa, considerando las alternancias de cargas vivas en las estructuras que están conformadas por el sistema de vigas continuas como, por ejemplo, las losas aligeradas, nervadas o macizas unidireccionales.
- Según los cálculos realizados se demuestra que la existencia de muros en los apoyos solo influye en los valores de los momentos flectores en los apoyos extremos, los cuales varían de acuerdo a la relación de rigidez entre muros y vigas que conforman el vínculo.

APÉNDICES

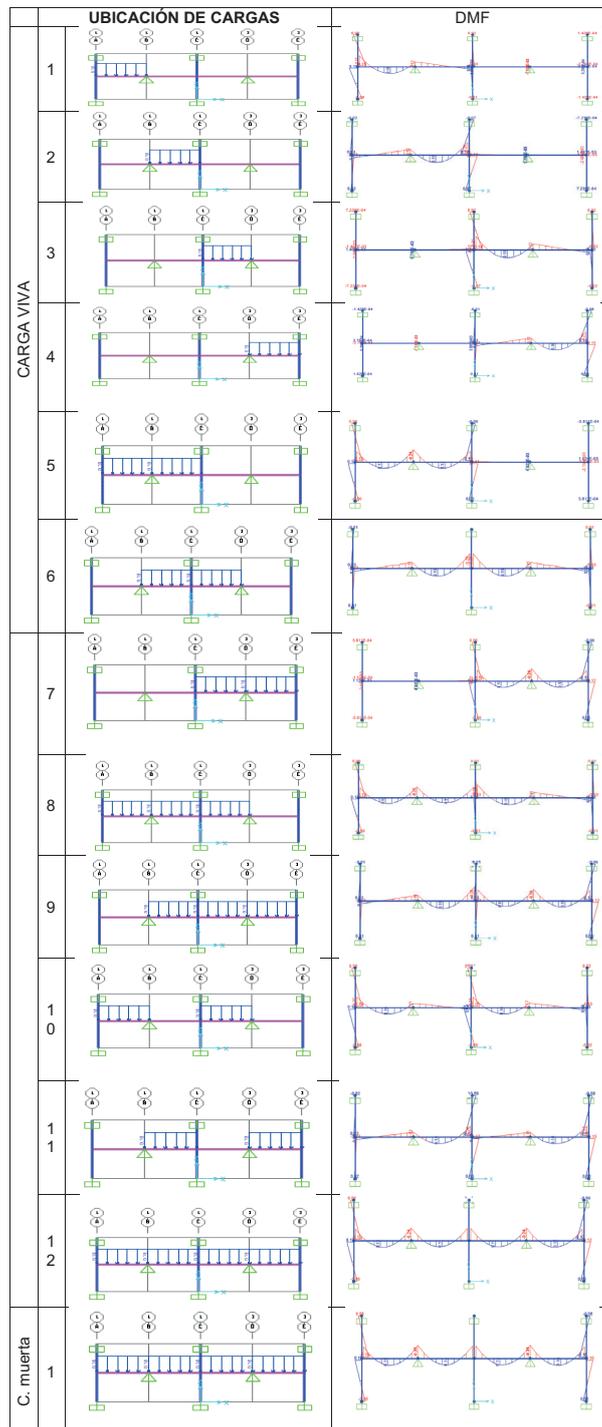
Apéndice 1: Alternancia de cargas vivas

Las cargas utilizadas según el metrado son

$$CM = 160 \text{ kg/m}$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}$$

El siguiente cuadro muestra los casos tomados para la alternancia de cargas vivas y su correspondiente DMF:





De los casos mostrados en el cuadro anterior se obtuvieron los momentos más desfavorables que resultaron de la alternancia de las cargas vivas amplificadas ($1.7*CV$). Ver resultados de la envolvente mostrados con color rojo.

| CARGA VIVA CV | A | B | C | D | E | | | | |
|---------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Caso | | | | | | | | | |
| 1 | -0.314 | 0.154 | -0.12 | 0.00 | 0.062 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.061 | 0.000 | -0.119 | 0.153 | -0.316 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.316 | 0.154 | -0.119 | 0.000 | 0.061 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.061 | 0.00 | -0.119 | 0.154 | -0.316 |
| 5 | -0.253 | 0.116 | -0.240 | 0.116 | -0.253 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 6 | 0.060 | 0.000 | -0.114 | 0.149 | 0.336 | 0.149 | -0.114 | 0.000 | 0.06 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.253 | 0.116 | -0.240 | 0.116 | -0.253 |
| 8 | -0.256 | 0.117 | -0.234 | 0.108 | -0.332 | 0.149 | -0.115 | 0.000 | 0.059 |
| 9 | 0.059 | 0.000 | -0.115 | 0.149 | -0.332 | 0.108 | -0.234 | 0.117 | -0.256 |
| 10 | -0.317 | 0.156 | -0.114 | 0.000 | -0.306 | 0.156 | -0.121 | 0.000 | 0.062 |
| 11 | 0.062 | 0.000 | -0.121 | 0.156 | -0.306 | 0.000 | -0.114 | 0.156 | -0.317 |
| 12 | -0.255 | 0.117 | -0.235 | 0.109 | -0.27 | 0.109 | -0.235 | 0.117 | -0.255 |
| Envolvente CV | -0.317 | 0.156 | -0.240 | 0.156 | -0.332 | 0.156 | -0.240 | 0.156 | -0.317 |

La envolvente resultante de la alternancia de carga viva amplificada debe sumarse al diagrama de momento flector de carga muerta amplificada ($1.4*CM$)

| | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| DMF carga muerta | -0.336 | 0.154 | -0.310 | 0.144 | -0.356 | 0.144 | -0.310 | 0.154 | -0.336 |
|------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|

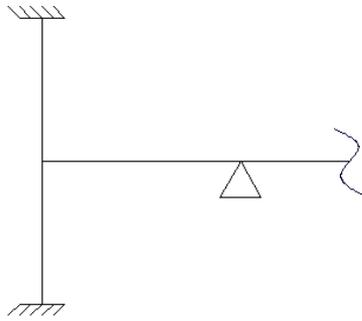
Momentos flectores resultantes de $1.4CM+1.7CV$

| | | | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 1.7CV | -0.317 | 0.156 | -0.240 | 0.156 | -0.332 | 0.156 | -0.240 | 0.156 | -0.317 |
| 1.4CM | -0.336 | 0.154 | -0.310 | 0.144 | -0.356 | 0.144 | -0.310 | 0.154 | -0.336 |
| 1.4CM+1.7CV | -0.653 | 0.310 | -0.550 | 0.300 | -0.688 | 0.300 | -0.550 | 0.310 | -0.653 |

Apéndice 2

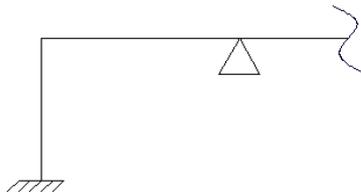
Relación de rigidez entre muros y vigas
 $\frac{\sum \text{rigideces de muros}}{\text{rigidez de viga}}$

Relación de rigidez en un entrepiso



| | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| Configuración 1 | 0.77 | 1.42 | 12.21 | 21.10 |
| Configuración 2 | 0.65 | 1.20 | 10.30 | 17.80 |
| Configuración 3 | 0.61 | 1.13 | 9.71 | 16.78 |
| Configuración 4 | 0.77 | 1.42 | 12.21 | 21.10 |

Relación de rigidez en el último piso



| | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| Configuración 1 | 0.38 | 0.71 | 6.11 | 10.55 |
| Configuración 2 | 0.32 | 0.60 | 5.15 | 8.90 |
| Configuración 3 | 0.30 | 0.57 | 4.85 | 8.39 |
| Configuración 4 | 0.38 | 0.71 | 6.11 | 10.55 |

V. AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, por esta oportunidad.
 A Kevin Lavado Sánchez por su apoyo en la traducción del resumen

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comité ACI 318, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2014.
- [2] Ministerio de Vivienda, Norma Técnica de Concreto Armado E0.60 . Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Empresa Editora Macro, 2009.
- [3] G. Otazzi Pasino, Apuntes del curso concreto armado I. Lima: Fondo Editorial PUCP, 2011.
- [4] Á. San Bartolomé, W. Silva y D. Quiun, Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería. Lima: Fondo Editorial PUCP, 2011.



APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE BIOMASA SECUNDARIA COMO COMBUSTIBLE

Waste secondary biomass utilization as fuel

Pablo José Hurtado Rengifo¹

¹ Coordinador del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Continental
Correo electrónico: phurtado@continental.edu.pe

Resumen— La biomasa secundaria se halla constituida por residuos agrícolas provenientes de las labores de cosecha de diversos cultivos como el trigo, el algodón, el arroz, el café (pajilla, tallos, etc.), y por residuos que provienen de algún proceso agroindustrial, como el bagazo de la caña de azúcar o de la cascarilla de arroz.

Dichos residuos tiene gran valor energético, pero en la actualidad no son aprovechados. Establecer los factores que determinan el empleo de residuos exige que la investigación sea del tipo experimental.

Se obtuvo como resultado que el calentamiento de estos residuos (biomasa secundaria) mejora sus propiedades e incrementa su poder calorífico; y si les da una forma de densificados (aglomerado), los convierte en una fuente de energía (combustible) importante tanto para la cocción como para la calefacción doméstica; así como su empleo en procesos industriales.

Palabras clave: Biomasa; residuos; densificados; aglomeración; mecanismo.

Abstract— The secondary biomass is constituted by agricultural residues coming from harvest labor of many crops such as wheat, cotton, rice, coffee (spikelet, stalk, etc.), and by residues coming from some agro-industrial process such as sugar cane pulp or rice chaff.

Those residues have great energetic value but currently are not used. Establish the factors that determine the use of residues request that the investigations be experimental type.

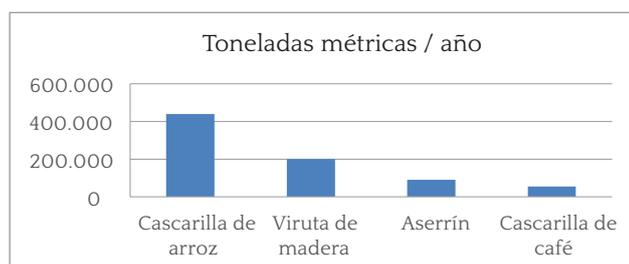
The results were that the heating of these residues (secondary biomass) improve its properties increasing its calorific power; and if it is in a compress form, convert it in an important energy source (combustible), for cooking and for home calefaction; as well as its use in industrial process.

Keywords: Biomass; residues; compressed products; agglomeration; mechanism.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, los negocios agroindustriales, las granjas y las industrias de la madera son una importante fuente de desechos de biomasa secundaria, los cuales, anualmente, generan más de 11'600,000 toneladas métricas/año de residuos, constituidos principalmente por 440 000 TM de cascarilla de arroz, 90 000 TM de aserrín, 200 000 TM de viruta de madera y 55 000 TM de cascarilla de café. Dichos residuos tienen casi nula aplicación en procesos industriales y/o actividades domésticas.

Gráfico 1. Generación de residuos



Elaboración propia

Los residuos de biomasa secundaria poseen en promedio 13 000 kJ/kg.

Los desechos de residuos de biomasa secundaria, debido a su baja densidad, alto grado de dispersión y alto contenido de humedad, requieren aumentar su densidad y volumen mediante el proceso de aglomeración (briquetas) para poder ser utilizados como combustible en procesos de cocción, calentamiento de agua o calefacción doméstica.

Sin embargo, la principal desventaja de las briquetas es la generación de humos durante su combustión por el alto contenido de humedad y materia volátil.

En tal sentido, el proceso de calentamiento mejora las propiedades de los residuos de biomasa (poder calorífico y resistencia a la biodegradación).

II. EXPERIMENTACIÓN

El aprovechamiento de los residuos es una labor compleja que exige un trabajo multidisciplinario, que comprende aspectos técnicos, entre los que se pueden mencionar la determinación de las cantidades disponibles, las características



físicas y químicas y la cantidad de energía que contienen; aspectos sociales como la aceptación de los usuarios; también aspectos relacionados con el impacto ambiental que puede originar su recolección y empleo.

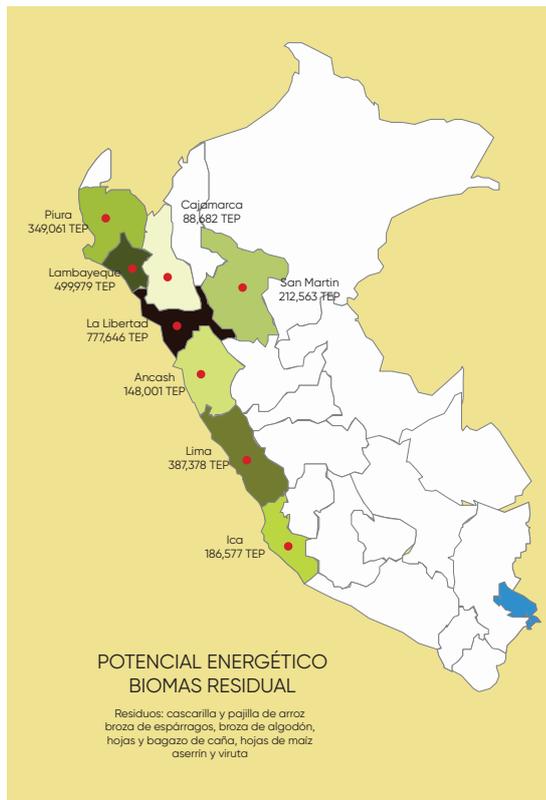


Figura 1. Potencial energético disponible correspondiente a residuos de biomasa [1].

TEP: Tonelada equivalente de petróleo (unidad de energía).
1 TEP = 1,435 toneladas de carbón mineral

Se presentan algunos factores que determinan el empleo de los residuos de biomasa:

Recolección

Es importante mencionar que no todos los residuos son técnico-económicamente recuperables, debido a que su recolección, durante el procesamiento, puede demandar una labor muy intensa y una exigente organización mientras que los operarios pueden tener otro orden de prioridades.

El empleo de equipos podría facilitar la labor de recolección pero incrementar el costo que deje de hacer atractivo su empleo.

Producción promedio anual de residuos

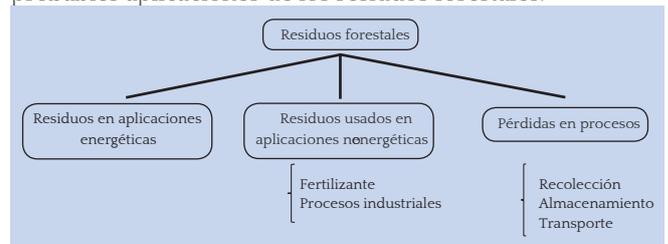
La producción de residuos depende del procesamiento de la materia prima y debe ser cuidadosamente estimada considerando la información existente.

Usos de los residuos forestales

Es importante tener en consideración, en la evaluación de los residuos, los usos alternos que estos pueden tener, pues no todos los residuos forestales son desecho; en el caso del aserrín, este es usado como abono. Derivar su empleo en otros usos puede generar problemas con los anteriores usuarios.

Se presentan un diagrama de bloques sobre las diferentes

probables aplicaciones de los residuos forestales.



Fuente: Elaboración propia

Poder calorífico

El poder calorífico de un combustible se define como la cantidad de calor por unidad de masa liberado durante su combustión, a presión constante y a 25 °C, obteniéndose los productos en su estado final de oxidación.

Según el estado de los productos, se distinguen dos tipos:

- Poder calorífico superior (PCS): cuando el agua formada en la combustión está condensada, por tanto incluye el calor latente [2].
- Poder calorífico inferior (PCI): cuando el agua formada en la combustión está en forma de vapor condensado, por tanto no incluye el calor latente.

El PCI de un combustible sólido se determina a partir del PCS, restándole el calor latente del agua formada, mediante fórmulas empíricas.

Influyen en el poder calorífico algunos factores como el contenido en peso de las cenizas, la humedad, los materiales volátiles y el carbono fijo [2].

En la tabla n.º 1 se muestra los valores de poder calorífico de otros combustibles sólidos:

Tabla 1. Poder calorífico de algunos combustibles en base seca [3]:

| Combustible | Poder calorífico (MJ/kg) |
|---------------------|--------------------------|
| Carbón antracítico | 33,7 |
| Carbón bituminoso | 33,7 |
| Carbón vegetal | 29,0 |
| Cascarilla de arroz | 15,0 |
| Leña (aserrín) | 20,0 |
| Petróleo | 45,0 |

Cenizas [2]

Son el residuo sólido no quemado, resultan de la combustión completa del combustible.

Las cenizas producen escorias y depósitos en los refractarios y disminuyen el poder calorífico de un combustible, pues además de no aportar calor, absorben calor sensible en el hogar. Los residuos de la biomasa normalmente tienen muy bajo contenido de cenizas.

A continuación se presentan el contenido de ceniza de algunos tipos de biomasa.





Tabla 2. Contenido de ceniza de diferentes tipos de biomasa [4]

| Biomasa | Contenido de ceniza (%) | Biomasa | Contenido de ceniza (%) |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Coronta de maíz | 1.2 | Cáscara de café | 4.3 |
| Palitos de caña | 1.2 | Cáscara de algodón | 4.6 |
| Aserrín (mezclado) | 1.3 | Cáscara de almendra | 4.8 |
| Cuñas de pino | 1.5 | Cáscara de palma de nuez | 5.1 |
| Tallos de soya | 1.5 | Cáscara de maní | 6.0 |
| Bagazo | 1.8 | Médula de fibras de coco | 6.0 |
| Café | 1.8 | Médula del bagazo | 8.0 |
| Cáscara de coco | 1.9 | Paja de frijol (haba) | 10.2 |
| Tallos de girasol | 1.9 | Paja de cebada | 10.3 |
| Paja (Jowar) | 3.1 | Paja de arroz | 15.5 |
| Hueso de aceituna | 3.2 | Polvillo de tabaco | 19.1 |
| Residuos de té | 3.8 | Polvillo de cañas | 19.9 |
| Cáscara de tamarindo | 4.2 | Cáscara de arroz | 22.4 |

El contenido de cenizas de diferentes tipos de biomasa es un indicador del comportamiento de la escoria de las biomásas. Generalmente, mientras mayor sea el contenido de ceniza, mayor será el comportamiento de la escoria.

Humedad [2]

Es el agua contenida en un combustible; puede ser de dos clases: humedad superficial y de fácil eliminación secado al aire, hasta 110 °C de temperatura, y la humedad retenida en los poros de la biomasa, que puede conllevar a la degradación de la materia orgánica.

Materiales volátiles

Son combinaciones de carbono, hidrógeno y otros gases, que determinan la temperatura de ignición, la forma y longitud de la llama en el momento de la combustión, además de la rapidez con que comienza a quemarse. Se muestra en la siguiente tabla el análisis inmediato de algunos combustibles.

Carbono fijo

Es la fracción residual del carbono combinado químicamente y se calcula de la siguiente manera:

$$C_{fijo} (\%) = 100 - (\% \text{ Humedad}) - (\% \text{ Volátiles}) - (\% \text{ Cenizas})$$

Tabla 3. Análisis inmediato de algunos combustibles-biomasa Base seca [3]

| Combustible | Humedad (%) | Material volátil (%) | Cenizas (%) | Carbono fijo (%) | Poder calorífico (kcal/kg) |
|---------------------|-------------|----------------------|-------------|------------------|----------------------------|
| Carbón bituminoso | 4,0 | 40,0-45,0 | 5,0-17,0 | 34,0-51,0 | 7,126 |
| Carbón vegetal | 2,0-10,0 | 3,0 -30,0 | 2,0-5,0 | 55,0-93,0 | 5,203 |
| Cascarilla de arroz | 9,8 | 54,7 | 16,0-23,0 | 12,5-19,5 | 2,976 |
| Viruta de madera | 10,0-12,0 | 78,0 -88,0 | 0,91 | 9,8-12,8 | 4,865 |
| Cáscara de cebada | 8,2 | 88,0 | 10,2 | 6,5-9,5 | 5,127 |
| Cáscara de café | 6,8 | 82,0 | 4,3 | 14,0-18,0 | 4,653 |

Tabla 4. Análisis elemental de algunos combustibles-biomasa. Base seca [3]

| Combustible | Carbón (%) | Hidrógeno (%) | Sulfuro (%) | Nitrógeno (%) | Cloruro (%) |
|-------------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Cáscara de cebada | 51,11 | 6,78 | 0,03 | 3,68 | 0,02 |
| Cáscara de café | 49,03 | 5,95 | 0,05 | 0,49 | 0,01 |
| Viruta de madera | 51,72 | 6,03 | 0,05 | 0,05 | 0,01 |

Tabla 5. Densidades de algunos residuos...kg/m³) [2]

| Residuo | Humedad (%) | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 30 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| Aserrín | 155 | 185 | 215 | 230 | 255 | 285 |
| Viruta | 30 | 100 | 115 | 120 | 135 | 150 |
| Corteza de pino | 140 | 160 | 190 | 200 | 225 | 250 |
| Corteza de madera blanda | 300 | 360 | 410 | 440 | 495 | 550 |
| Madera triturada | 175 | 210 | 240 | 255 | 290 | 320 |
| Polvo de lijado | 265 | 310 | — | — | — | — |
| Recortes de chapas varios | 110 | 140 | 170 | 185 | 215 | 245 |
| Desperdicios de carpintería | 105 | 130 | — | — | — | — |



Densidad

Los residuos, por lo general, presentan bajas densidades, para superar ello se emplean diversas técnicas de densificación como el briqueteado o la aglomeración, lo que facilitará su manejo y transporte y reducirá sensiblemente las pérdidas de material y la contaminación ambiental.

La densidad que presentan los residuos forestales varía de acuerdo al grado de compactación que muestren los mismos, así como al contenido de humedad, por lo que para un mismo producto se muestra un amplio rango de valores. Estas características también determinarán el poder calorífico y el costo del transporte, el cual podrá encarecer, sustantivamente, el valor del producto, por ello, preferentemente, es recomendable su empleo en zonas cercanas a las de su obtención.

Operaciones físicas

Las operaciones de recolección, almacenamiento y transporte pueden generar pérdidas del producto por lo que es recomendable reducir al mínimo recurrido.

Almacenamiento

Las variables del clima, entre otros aspectos, afectan las propiedades de los residuos por lo que se tiene la necesidad de almacenarlos. El almacenamiento puede ser costoso debido a los grandes volúmenes por la baja densidad, además puede ocasionar la presencia de roedores e insectos, asimismo se debe minimizar la posibilidad de incendios y explosiones fundamentalmente.

Impacto ambiental

Se debe tener presente el aspecto ambiental, por ejemplo si los residuos en los terrenos de cultivo reducen la erosión del suelo y sirven de fertilizantes del terreno, o si su eliminación crea problemas y/o costos adicionales.

III. DESARROLLO DE AGLOMERADOS

Aglomeración

Aumento de tamaño, Es cualquier proceso mediante el cual las partículas pequeñas se unen para dar como resultados masas más grandes y permanentes en las que se puedan identificar las partículas originales. Las aplicaciones incluyen la constitución de formas útiles (ladrillos y losetas), así como gránulos irregulares para el beneficio industrial [5].

Hay un gran número de ventajas que se derivan de los procedimientos de aumento de tamaño, como se enuncian a continuación: Reducen las pérdidas por producción de polvos, reducen los peligros de manejo, sobre todo cuando se trata de polvos irritantes o dañinos, densifican materiales para asegurar un almacenamiento o un envío más conveniente, evitan el endurecimiento y la formación de grumos, producen formas estructurales útiles, crean mezclas uniformes de sólidos que no se segregan y mejoran el aspecto de los productos.

Existen una gran variedad de métodos para incrementar el tamaño (observar tabla n.º 6).

Los métodos de aumento de tamaño recomendados para los residuos de biomasa secundaria son compactación a presión (prensa de moldeo de compresión) y aglomeración por volteo.

Tabla 6. Métodos de aumento de tamaño [5].

| Método | Equipo |
|--|--------------------------------|
| Compactación a presión | Prensa de moldeo de compresión |
| | Prensa productora de tabletas |
| | Prensa tipo rodillo |
| | Molino de graduación |
| | Extrusor de tornillo |
| Aglomeración por volteo | Bandeja inclinada o disco |
| Otras técnicas Rociamiento Proceso so-gel Procesos de lechos fluidificados Aglomeración a partir de suspensiones en líquidos Agrupamiento | Torre de rociado |
| | Columna de rocío |
| | Lechos fluidificados |
| | Varias formas de agitación |
| | Mezclador cónico |

Aglomerantes

Un aglomerante es definido como algo que produce cohesión en sustancias. Cabe recordar que cualquier material puede ser compactado sin aglomerante, si es que es compactado a altas presiones.

Es importante mencionar que el proceso de compactación se describe en tres etapas:

- Se realiza la recolección de partículas.
- El deslizamiento relativo entre las partículas decrece rápida y elásticamente como la deformación plástica empieza a ser importante.
- La deformación plástica, en el caso de materiales resistentes, y rotura, en el caso de materiales frágiles, son dominantes.



Figura 3. Aglomerante natural de tapioca (yuca)

Fuente: http://innovacion.gob.sv/inventa/index.php?option=com_content&view=article&id=7963:tecnicas-de-concentracion-de-hidrolizados-de-almidon-de-yuca&catid=129:alimentos-y-bebidas&Itemid=297





Mecanismos de aglomeración

Los mecanismos de enlace en los aglomerados se dividen en cinco grandes grupos. Durante una operación particular de aumento de tamaño se puede aplicar más de un mecanismo.

Los mecanismos de enlace de aglomeración son puentes sólidos, enlace de líquidos móviles, puente de líquidos inmóviles, fuerzas intermoleculares y electrostáticas, interconexión mecánica. El mecanismo de aglomeración recomendado para los residuos de biomasa secundaria es el de los puentes sólidos.

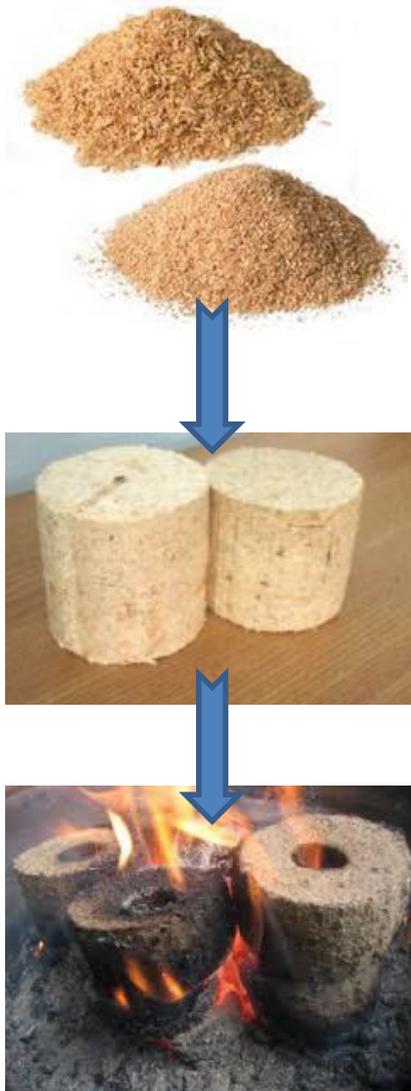


Figura 2. Proceso de fabricación de aglomerado de residuo de biomasa

Fuente: <http://libreopinion.prophbb.com/topic16860.html>,
<http://uncaminoalautosuficiencia.blogspot.pe/2012/09/briquetas-de-biomasa-aseras-y-micro.html>

IV. RESULTADOS

Después de ser calentados, los residuos de biomasa presentaron una reducción de la materia volátil de 31 % y un incremento del poder calorífico de 16 %.

V. CONCLUSIONES

- Los residuos agrícolas tienen el potencial para ser utilizados como fuente importante de combustible debido al poder calorífico que poseen.
- El calentamiento mejora las propiedades de los residuos de biomasa e intensifica su poder calorífico, reduce el porcentaje de materia volátil e incrementa la resistencia a la biodegradación.
- La reducción de emisiones de humo durante la combustión de briquetas, elaboradas a partir de material calentado, se debe a la reducción de la materia volátil.
- A pesar que es posible usar los residuos agrícolas directamente, su utilización como aglomerado proporciona un combustible con ventajas comparativas tanto en la combustión como en el almacenaje y su manejo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Assureira, M. Assureira, "Potencial energético de la biomasa residual en el Perú" Conferencia Anual del Consorcio de Universidades, 2014, pp. 8.
- [2] E. Assureira, R. Macedo, "Aprovechamiento de los residuos agrícolas y forestales de bajo impacto ambiental", 1a ed., Lima 1999, Concurso CONCYTEC, pp 20.
- [3] A. Kaupp, "Gasification of rice hulls theory and practice", Capítulo V, Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1984, pp 102-104.
- [4] P.D. Grover & S.K. Mishra, "Potential agro-residues and their characteristic", Regional wood energy development program .8in Asia, Field Document n.º 46, Bangkok, April, 1996, pp 4-6.
- [5] R. Perry, "Biblioteca del Ingeniero Químico", Volumen III, Capítulo 8, México, 1987, Mc Graw- Hill, pp 66.



EFICIENCIA TÉCNICA EN LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LA CORPORACIÓN FONAFE

Technical efficiency in electricity distribution companies of FONAFE Corporation

Carlos Quispe Ancasi¹

¹Universidad Continental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica.
Correo electrónico: cquispea@continental.edu.pe, carlos_q_a@yahoo.es

Resumen— En el Perú, la distribución eléctrica es una actividad regulada con características de monopolio natural, donde el concepto de empresa eficiente se define como una empresa que se encuentra adaptada a la demanda y que opera bajo un plan de obras óptimo.

En este esquema, para forzar a las empresas a ser eficientes, el regulador fija precios de acuerdo a los costos de una empresa eficiente, diseñada desde cero y sin considerar a las empresas reales. La evidente necesidad de revisar los procedimientos que se siguen para determinar la empresa eficiente, considerando las características de la distribución eléctrica y su influencia en la frontera de eficiencia, desde el punto de vista del criterio de la eficiencia productiva, ha llevado a proponer la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA).

El DEA permitió la determinación de eficiencia para el grupo de empresas de distribución eléctricas de la corporación Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE) e identificar un conjunto de indicadores relativos a la eficiencia del proceso productivo de las empresas. Las propiedades de la técnica DEA permitieron considerar conjuntamente variables con distintas dimensiones físicas que caracterizan la actividad de distribución en un análisis global del sector y, al mismo tiempo, contemplar características propias de cada empresa de distribución respecto a su entorno.

Para la investigación se utilizó el método científico, tipo de investigación básico, nivel de investigación explicativa, diseño de investigación transeccionales correlacionales-causales. La población de estudio está centrada en las empresas de la corporación FONAFE y para validar la hipótesis se realizó la regresión logística.

Del análisis se observa que sólo el 57 % de las empresas evaluadas alcanzó la calificación de técnicamente eficientes y para cada una de las otras empresas, la metodología identificó acciones y estrategias para mejoras de la productividad.

Palabras clave: Eficiencia técnica; distribución eléctrica, Fronteras de eficiencia; análisis envolvente de datos (DEA).

Abstract— In Peru, the electrical distribution is an activity regulated with natural monopoly characteristics, where the concept of efficient company, is defined as a company that is adapted to demand and which operates under an optimal plan of works. In this scheme, to force companies to be efficient, the regulator sets prices according to the costs of an efficient enterprise, designed from scratch and without regard to the actual companies.

The evident necessity of reviewing the procedures that are followed to determine the efficient enterprise, considering the characteristics of the electrical distribution and its influence on the border of efficiency from the point of view of the criteria of productive efficiency, has led to propose the methodology data envelope analysis (DEA).

The DEA permitted the determination of efficiency for the electric distribution companies of FONAFE Corporation group, identifying a set of indicators relating to the efficiency of the production process of the companies. The properties of the DEA technique allowed jointly consider variables with different physical dimensions that characterize the activity of distribution in a global analysis of the sector and, at the same time, consider characteristics of each company, to its surroundings.

It was used to research the scientific method, basic research type, level of explanatory research, design research Transeccionales correlative - Causales, study population focused on companies of Financing National Fund of State Business Activity FONAFE Corporation and to validate the hypothesis was the logistic regression.

The analysis shows that only 57 % of the evaluated companies achieved the qualification of technically efficient and for each of the other companies, the methodology identified actions and strategies for productivity improvements.

Keywords: Technical efficiency; electrical distribution, borders efficiency; data envelopment analysis (DEA).

I. INTRODUCCIÓN

Este documento representa el resultado de la investigación del desempeño de las empresas de distribución eléctrica de la corporación FONAFE, considerando sus características y su influencia en la frontera de eficiencia, para proponer acciones y estrategias para mejorar la productividad en cada empresa de estudio, que finalmente se verá reflejada en los costos, los cuales influyen directamente en la tarifa y benefician a las empresas y al usuario final con una tarifa justa y un servicio de calidad.

El objetivo fue determinar si las características de la distribución eléctrica influyen en la frontera de eficiencia, de las empresas de la corporación FONAFE. Para analizar las variables se utilizó el diseño transeccionales correlacionales-causales, las pruebas paramétricas y método de análisis envolvente de datos (DEA) y para validar la hipótesis se realizó la regresión logística.

II. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A. Distribución eléctrica

Los sistemas de distribución incluyen todos los elementos de transporte de energía eléctrica comprendidos entre las subestaciones primarias, donde la transmisión de potencia se reduce a niveles de distribución, y las acometidas de servicio a los abonados [1] (véase Figura 1).

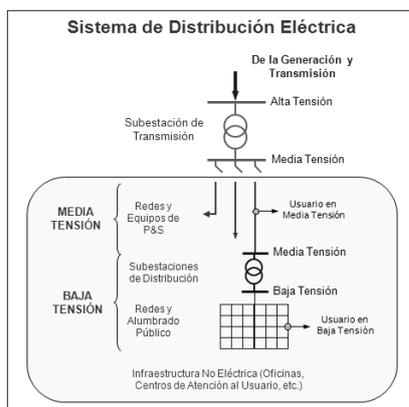


Figura 1. Esquema de la distribución eléctrica

B. Fronteras de eficiencia

El DEA es un procedimiento que utiliza técnicas de programación lineal para evaluar la eficiencia de un conjunto de unidades de producción homogéneas. Este procedimiento está basado en la asignación de ponderaciones a los distintos factores incluidos en el análisis [2]. Al utilizar el DEA, la frontera eficiente es el punto de referencia en función de la cual se mide el desempeño relativo de las empresas, entonces las empresas que forman la frontera de eficiencia utilizan una cantidad mínima de insumos para producir la misma cantidad de productos

El primer autor [3] que sugirió la utilización de fronteras para el análisis de la eficiencia relativa fue Farrell en el año 1957, usó para ello funciones de producción. Propuso un método para medir la eficiencia teniendo en cuenta varios factores de producción al mismo tiempo. Descomponía la eficiencia de una empresa en dos componentes: eficiencia técnica o la capacidad de la empresa para obtener el máximo producto dado un conjunto de factores de producción, y la eficien-

cia asignativa o la capacidad para usar estos factores en sus proporciones óptimas, dados sus precios respectivos. Ambas medidas podían agregarse para dar lugar a la eficiencia económica. Si la eficiencia en general se define como la relación entre productos y factores, el problema esencial de toda medida de eficiencia será definir los ponderadores que permiten agregar factores y productos a la fórmula general de eficiencia, que se define matemáticamente en (1):

$$E_o = \frac{u_1 Y_{1o} + u_2 Y_{2o} + \dots + u_m Y_{mo}}{v_1 X_{1o} + v_2 X_{2o} + \dots + v_k X_{ko}} = \frac{\sum_{j=1}^m u_j Y_{jo}}{\sum_{i=1}^k v_i X_{io}} \quad (1)$$

Donde:

- Eo es el índice de eficiencia relativa de la o-ésima UTD.
- Yjo es el producto (output) j que genera la UTD.
- Xio es el factor (input) i que emplea la UTD.
- m es el número de salidas o productos y.
- k es el número de entradas o factores x.
- uj es el ponderador o peso asignado al output j.
- vi es el ponderador del input i.

C. Empresas de la investigación

Las empresas de distribución eléctrica investigadas se muestran en la tabla 1:

Tabla n.º 1. Empresas de distribución eléctrica

| Muestra | Sigla |
|------------------|-------|
| Electro Oriente | ELOR |
| Electro Puno | ELPU |
| Electro Sur Este | ELSE |
| Electro Centro | ELCTO |
| Electro Nor este | ENOSA |
| Electro Norte | ENSA |
| Electro Sur | ELS |
| Hidrandina | HDNA |
| Seal | SEAL |

D. Variables de la investigación

Las variables, sus dimensiones e indicadores se muestran en la tabla n.º 2.

Tabla n.º 2. Variables de la investigación

| Variables | Dimensiones | Indicador |
|--|-------------|-----------------------------------|
| Características de la Distribución Eléctrica | Técnicas | Redes de MT (km) |
| | | Redes de BT (km) |
| | | Subestaciones de Distribución (U) |
| | Comerciales | Cantidad de Usuarios (U) |
| | | Venta de Energía (Kwh) |
| | Económicas | Cantidad de Personal (U) |
| Frontera de Eficiencia | Eficiencia | <0 Ineficiente |
| | | 1 Eficiente |

E. Identificación de inputs (entradas) y outputs (salidas)

Para la identificación de inputs y output, se desarrolló un análisis estadístico que comprende:

- a) La relación entre indicadores de la variable independiente.



- b) La asociación entre grupos de indicadores de la variable independiente. Para identificar los conjuntos de variables y su posibilidad de agregación para describir los principales factores que componen la distribución eléctrica, se empleó una técnica estadística factorial llamada análisis de componente principal (ACP).

En la tabla n.º 3 se indica la matriz de componentes y en la figura 3 se muestra el gráfico de saturaciones o gráfico de componentes en la salida del ordenador.

| Matriz de componentes ^a | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------|
| Dimensiones | Indicadores | Componente | |
| | | 1 | 2 |
| Comerciales | CLTS | .938 | .306 |
| | VECR | .540 | .747 |
| Técnicas | KMT | .864 | -.486 |
| | NSED | .921 | -.321 |
| | KBT | .868 | -.449 |
| Económicas | CPP | .689 | .482 |

1 Es una de las técnicas de análisis multivariable más antigua. La idea central del ACP es reducir el número elevado de variables interrelacionadas del análisis de un problema.

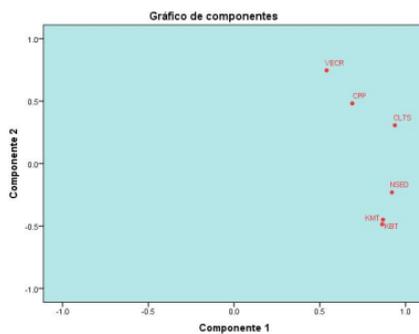


Figura 2. Gráfico de Componentes

Identificados los datos, según las características propias de dimensionamiento de las empresas, se procedió a nombrarlos de acuerdo a la nomenclatura típica empleada en los métodos de frontera, es decir, como variable de entrada para los recursos y variable de salida para los productos (véase tabla n.º 4).

Tabla n.º 4. Input y output

| | Indicadores | |
|---------|-------------|-------------------------------|
| | Sigla | Descripción |
| INPUTS | KMT | Redes de MT |
| | NSED | Subestaciones de Distribución |
| | KBT | Redes de BT |
| | CPP | Cantidad de Personal |
| OUTPUTS | CLTS | Cantidad de Usuarios |
| | VECR | Venta de Energía |

F. Determinación de la eficiencia mediante el DEA

Una vez identificados los inputs y los outputs, se procedió a utilizar el Software Frontier Anlys. versión 4.2.0, desarrollado y comercializado por la empresa Banxia Software Ltd. El Manual de Usuario del Sostware Frontier Anlys se encuentra en la página web de la empresa Banxia Software Ltd [4].

G. Resultado del análisis de eficiencia a las empresas de la corporación FONAFE

Para realizar el análisis de frontera de eficiencia se utilizó la metodología del DEA, Modelo DEA CCR Input Orientado. La frontera estará determinada por las empresas eficientes, tal como se aprecia en la tabla n.º 5.

Tabla n.º 5. Resultados de la eficiencia técnica

| Units | Comparison | Efficient | Condition |
|-----------|------------|-----------|-----------|
| Unit name | Socre | Efficient | Condition |
| ELCTO | 100,00% | ✓ | ● |
| ELOR | 100,00% | ✓ | ● |
| ELPU | 74,70% | | ● |
| ELS | 93,80% | | ● |
| ELSE | 78,30% | | ● |
| ENOSA | 100,00% | ✓ | ● |
| ENSA | 93,30% | | ● |
| HDNA | 100,00% | ✓ | ● |
| SEAL | 97,90% | | ● |

Los resultados muestran que las empresas Electrocentro S. A. (ELCTO), Electro Oriente S.A. (ELOR), Electronoroeste S.A. (ENSA) e Hidrandina S.A. (HDNA) son eficientes; el resto de las empresas son calificadas como ineficientes, es el caso de Electro Puno (ELPU), Electro Sur Este (ELSE), Electronoroeste (ENOSA), Electro Sur (ELS) y SEAL.

En la tabla n.º 6, se muestran los valores de posible mejora para las empresas ineficientes (véase tabla n.º 6)

H. Prueba de hipótesis

El modelo de regresión logística binario utiliza la distribución binomial para modelar la variación en una propuesta binaria. La probabilidad de ser eficiente se puede expresar por un parámetro en una distribución binomial.

El procedimiento de regresión logística, utilizando los datos a nivel de los casos individuales, independientemente de la forma en que los datos hayan sido introducidos, genera todas las predicciones, residuos, estadísticos de influencia y pruebas de bondad de ajuste.

Este modelo se ajusta realizando el contraste de máxima verosimilitud mediante la estimación incondicional. Por último, existe una relación estadística significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95 % cuando el estadístico utilizado (denominado p-value) en el análisis presenta una desviación menor de 0,05 [10].

El modelo que se ha utilizado está basado en el cociente de posibilidades que presenta la probabilidad de un éxito en comparación con la probabilidad de un fracaso. Asimismo, en este trabajo se va a interpretar como la probabilidad de que una empresa sea eficiente, dependiendo de si tiene éxito en ello, o permanece como ineficiente.





Tabla n.º 6. Resultados de los valores de posible mejora para las empresas ineficientes.

| Muestra | Input/output | Valor | Objetivo | Potencial Mejora |
|------------------|--------------|---------|----------|------------------|
| Electro Puno | KMT | 4,982 | 2,313 | -53.58% |
| | NSED | 3,098 | 2,313 | -25.32% |
| | KBT | 6,282 | 2,676 | -57.40% |
| | CPP | 156 | 116 | -52.32% |
| | CLTS | 197,760 | 197,760 | 0.00% |
| | VERCR | 235,286 | 355,682 | 51.17% |
| Electro Sur | KMT | 1,373 | 1,082 | -21.22% |
| | NSED | 1,466 | 891 | -39.23% |
| | KBT | 1,365 | 1,281 | -6.18% |
| | CPP | 156 | 101 | -35.11% |
| | CLTS | 129,679 | 129,679 | 0.00% |
| | VECR | 324,008 | 324,008 | 0.00% |
| Electro Sur Este | KMT | 8,978 | 1,401 | -50.98% |
| | NSED | 5,753 | 4,504 | -21.72% |
| | KBT | 9,987 | 4,937 | -50.56% |
| | CPP | 264 | 207 | -21.72% |
| | CLTS | 353,996 | 353,9*96 | 0.00% |
| | VECR | 390,141 | 552,424 | 41.60% |
| Electro Norte | KMT | 3,411 | 3,019 | -11.49% |
| | NSED | 3,071 | 2,520 | -17.93% |
| | KBT | 3,760 | 3,506 | -6.75% |
| | CPP | 258 | 241 | -6.75% |
| | CLTS | 351,240 | 351,240 | 0.00% |
| | VECR | 639,533 | 906,423 | 41.73% |
| Seal | KMT | 2,963 | 2,902 | -2.06% |
| | NSED | 4,412 | 2,482 | -43.74% |
| | KBT | 3,692 | 3,386 | -8.29% |
| | CPP | 212 | 208 | -2.06% |
| | CLTS | 326,098 | 326,098 | 0% |
| | VECR | 799,341 | 839,558 | 5.03% |

La regresión logística, en nuestro caso, consiste en obtener una función lineal de las variables independientes, de modo que permita clasificar a las empresas que participan en una de las dos subpoblaciones o grupos posibles. No hay más alternativa de respuesta que lo establecido por los dos valores que puede asumir la variable dependiente: son eficientes o no lo son [10].

En esta etapa el análisis de regresión logístico se desarrolla para establecer los vínculos entre la eficiencia de las empresas eléctricas y la variable independiente. El objetivo es modelizar la relación entre una variable binaria de la respuesta (1 = eficiente, 0 = ineficiente) y una variable explicativa seleccionada. Estos modelos se basan en una función que posee una variable dependiente dicotómica y un conjunto de una o más variables independientes, las cuales pueden ser cuantitativas y/o cualitativas o una mezcla de ambas [10].

Lo que se pretende mediante la regresión logística es expresar la probabilidad de que ocurra el evento en cuestión como función de ciertas variables, que se presumen rele-

vantes o influyentes. Si ese hecho que queremos modelizar o predecir lo representamos por Y (variable dependiente) y las k variables explicativas (independientes) se designan por X1, X2, X3,..., Xk, la ecuación general (o función logística) [11] es:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 - \beta_3 X_3 - \dots - \beta_k X_k}} \quad (2)$$

Donde $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ son los parámetros del modelo y "e" denota la función exponencial. Esta función exponencial es una expresión simplificada que corresponde a elevar el número e a la potencia contenida dentro del paréntesis. e es el número o constante de Euler o base de los logaritmos neperianos (cuyo valor aproximado a la milésima es 2,718).

En la tabla n.º 7 podemos comprobar que nuestro modelo tiene una especificidad alta (100 %) y una sensibilidad nula (0 %). Con la constante y una única variable predictora (CPP), clasifica las empresas eficientes (ESTADO = 1) cuando el punto de corte de la probabilidad de Y calculada se establece (por defecto) en 50 % (0,5).



Tabla n.º 7. Resumen del modelo

Resumen del modelo

| Paso | -2 log de la verosimilitud | R cuadrado de Cox y Snell | R cuadrado de Nagekerke |
|------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 5.973 ^a | .508 | .681 |

^a. La estimación ha finalizado en el número de iteración 6 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de .001.

En la Figura 3 se observa una representación de lo que está sucediendo:

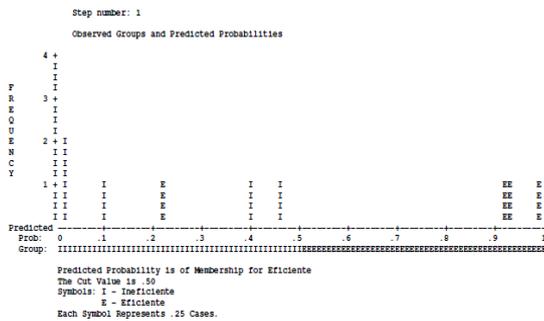


Figura 3. Gráfico de clasificación

Podemos comprobar cómo nuestro modelo calcula unas probabilidades de Y menores a 0,5 para todos los casos, por los que los clasifica como "ineficientes" (ESTADO PREDICHO = 0). Esto concuerda con la escasa capacidad explicativa que se ha detectado con los coeficientes de determinación, y debe mejorar cuando se vayan incluyendo variables más explicativas del resultado o términos de interacción.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se acepta la H1, por lo tanto se concluye que existe influencia de las características de la distribución eléctrica en la frontera de eficiencia de las empresas de la corporación FONAFE.

III. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A. Comparación de resultados

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación, de acuerdo a las búsquedas realizadas por el autor, sobre todo con la metodología planteada, se han encontrado trabajos similares, que a continuación se detallan.

En primer lugar, se van analizar los resultados obtenidos con los mostrados por [5], donde, luego de utilizar la metodología del DEA, se estudió a 19 empresas distribuidoras peruanas para determinar la eficiencia. El ranking muestra que Edelnor, Seal, Hidrandina y Luz del Sur son las empresas menos ineficientes; en líneas generales las empresas ineficientes son las empresas administradas por el Estado, como Electro Sur Este y Electro Puno, entre otras.

Al respecto los resultados concuerdan con los obtenidos en esta investigación donde Hidrandina resultó eficiente y las empresas Electro Sur Este y Electro Puno son ineficientes. Un estudio realizado por [6] muestra que la eficiencia técnica medida con DEA indica que las empresas que se mantienen en la frontera de producción son Edelnor, Luz del Sur y Edecañete (todas ellas privadas), asimismo, las empresas regionales del norte y del centro, que fueron privatizadas y luego devueltas al Estado, muestran importantes mejoras en

su eficiencia, a pesar de haber sido devueltas (las reformas fueron importantes en la mejora de la eficiencia).

Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en nuestra investigación. Efectivamente, tres de las cuatro empresas que pertenecen al grupo Distriluz, devueltas al Estado luego de ser privatizadas, resultaron eficientes.

A nivel internacional, los estudios de eficiencia con la metodología DEA son variados y dependen, fundamentalmente, de la asignación de inputs y outputs, podemos citar como ejemplo al análisis efectuado por [7], con un panel de datos correspondiente a 27 tipologías de empresas de los siguientes países: Holanda, Bélgica, Francia, España, Italia, Australia, Alemania, Japón, Portugal y Suecia.

Los resultados relevantes muestran que las empresas alemanas pequeñas presentan eficiencia; las empresas belgas y alemanas grandes y las empresas austriacas y alemanas medianas presentan altos grados de eficiencia; asimismo las empresas belgas pequeñas son las más ineficientes, conjuntamente con las empresas italianas grandes para un cierto periodo de análisis.

B. Comparación de resultados

En la investigación efectuada y de acuerdo al modelo del Análisis Envoltante de Datos, cuatro de las nueve empresas distribuidoras son técnicamente eficientes: Electrocentro S. A. (ELCTO), Electro Oriente S. A. (ELOR), Electronoroeste S.A. (ENSA) e Hidrandina S.A. (HDNA). El resto de las empresas son calificadas como ineficientes técnicamente, al obtener una puntuación de eficiencia menor a la unidad.

Se evidencia que la eficiencia de las empresas se incrementa cuando éstas se agrupan buscando una mejor gestión, es el caso del holding de empresas del Grupo Distriluz, donde 3 de sus empresas son eficientes.

C. Consecuencias teóricas

De acuerdo a [8], la metodología del DEA presenta algunas desventajas, las cuales deben tenerse en cuenta al analizar los resultados de los modelos calculados.

En primer lugar, por su carácter no paramétrico, el método es sensible a la especificación del modelo. Para subsanar esta dificultad, algunos autores desarrollaron pruebas de hipótesis para evaluar la significación estadística de la contribución a la medida de eficiencia de una variable determinada y considerar la conveniencia de incluirla en el modelo.

Según [9], en la metodología del DEA, los test de hipótesis estadístico son difíciles de aplicar, porque es un método no paramétrico.

Para determinar si las variables en los modelos del DEA tienen influencia en posibles variaciones de la eficiencia técnica, se han propuesto varias herramientas estadísticas, paramétricas y no paramétricas. En esta investigación se utilizó una técnica paramétrica, el modelo logístico de regresión, como una forma alternativa de realizar un análisis discriminante sin recurrir a las hipótesis de normalidad y homocedasticidad, ni exigir que las variables clasificadoras utilizadas sean cuantitativas [12].





D. Aplicaciones prácticas

La evaluación de la eficiencia de las empresas de distribución es un tema recurrente en el país, a raíz del debate entre las empresas y el regulador por la fijación de precios, proceso que se repite cada cuatro años.

El desarrollo práctico alcanzado en este tiempo ha permitido consolidar las características y los principios de un modelo de comparación de eficiencia, que tiene como objetivo definir óptimamente el sistema de distribución, como resultado de una búsqueda que debe satisfacer en forma conjunta las necesidades de los clientes y las empresas.

Sin embargo, la ausencia de uniformidades en la definición y aplicación de los conceptos y criterios para el diseño de la empresa eficiente, así como la incorporación de las economías de escala, evidencian la necesidad de investigar y desarrollar procedimientos matemáticos generalizados para la determinación de los costos eficientes en el sector de distribución.

Tanto a nivel nacional como internacional, hay estudios donde se determina la eficiencia en los distintos niveles de los sistemas eléctricos; generación, transmisión y distribución, empleando métodos de benchmarking, basados en análisis de frontera, los que pueden clasificarse según la manera en que ésta se especifica y determina.

La especificación se refiere a si la frontera se calcula a partir de una función de producción o una función de costo; en ambos casos, la frontera será estimada a partir del mejor accionar de una empresa o grupo de empresas.

En los últimos años, el análisis envolvente de datos se ha convertido en un método de benchmark muy usado por las empresas. La principal ventaja del DEA consiste en que no está basado en el conocimiento de la función de producción, corresponde a un método no paramétrico, permitiendo así modelos más ricos y no dependientes del conocimiento de los precios de los factores de producción.

El DEA encuentra el conjunto de empresas eficientes a partir del cual, mediante combinaciones lineales, obtiene la envolvente o frontera. Esto representa una ventaja por su mayor flexibilidad, aunque para muchos su inconveniente fundamental radica en la falta de propiedades estadísticas de los resultados obtenidos con la programación lineal. Sin embargo, a su favor está la factibilidad de incorporar las economías de escala, ventaja importante que justifica su elección [13].

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos parecen coherentes con las estrategias de la innovación seguidas por algunas empresas peruanas, como es el caso del holding de empresas del Grupo Distriluz, que, en base a la adquisición de tecnología disponible en el mercado nacional e internacional, aprovechan las economías de escala y el trabajo en equipo como medio de aumentar la competitividad.

El impacto de las duras condiciones geográficas y de difícil acceso afecta a la ineficiencia; por ello, empresas como Electro Puno o Electro Sur Este muestran resultados negativos en términos de eficiencia, posiblemente debido a las condiciones en las que operan: la naturaleza geográfica, las áreas de concesión de baja densidad, entre otras.

Otra de las condiciones para la ineficiencia, en las empresas de la corporación FONAFE, es la baja prioridad empresarial a la investigación e innovación, fundamentales para la mejora en su desempeño y eficiencia. Finalmente, los resultados se pueden ver afectados por las limitaciones conocidas de la metodología DEA u otros efectos derivados de las limitaciones y calidad de los datos empleados.

V. AGRADECIMIENTOS

A los compañeros de trabajo de la empresa CIRS EIRL por su valioso aporte a la investigación.

V.I REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. GÖNEN, "Electric Power Distribution System Engineering" California: McGraw Hill. 1986.
- [2] F. Pedraja, J Salinas, "El Análisis Envolvente de Datos (DEA) y su aplicación al sector público: una nota introductoria", Hacienda Pública Española. 1994.
- [3] M.J. Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency", Journal of the Royal Statistical Society. Serie A, Vol 3, 1957. Recuperado de: <http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>
- [4] V. Coll Serrano, B. O. Blasco Blasco, "Frontier analyst una herramienta para medir la eficiencia". Malaga: Eumed. 2006.
- [5] J. L. Bonifaz, M. Jaramillo. "Efficiency Analysis for Peruvian electricity distribution sector: Inefficiency's explicative factors". Lima, Perú: Universidad del Pacifico. 2010.
- [6] R. Pérez, R. Espejo. "Measuring Efficiency and Productivity Change in the Peruvian Electricity Distribution Companies after Reforms". España. 2009.
- [7] F. J. Parra Rodríguez. "Análisis de eficiencia y productividad". España. 2002.
- [8] J. Pastor, J. Ruiz. "A statistical test for nested radial DEA models". España. 2002
- [9] A.R. Schuschny. "El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL. 2003.
- [10] L.D. Balteiro. "Caracterización de la industria forestal en España, Aspectos económicos y ambientales". Fundación BBVA. 2008
- [11] A.C. Mariano. "Cómo hacer una regresión logística con SPSS®". Recuperado de: http://www.fabis.org/html/archivos/docuweb/Regres_log_1r.pdf.
- [12] S.F. Muel. "Modelos de regresión con respuesta cualitativa: regresión logística". Recuperado de: <http://ciberconta.unizar.es/leccion/logis/inicio.html>.
- [13] R.E. Sanhueza H. "Fronteras de eficiencia, Método para la determinación del valor agregado de distribución". Recuperado de: <http://power.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/sanhuezathesis.pdf>.





APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD DEL TURISMO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO

Mobile application for the promotion and advertising of tourism in the city of Huancayo

Gary Risco Reyes¹, Pedro Castañeda Vargas²

¹ Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, EAP Ing. de Sistemas e Informática; Correo electrónico: garyriscoreyes@gmail.com

² Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, EAP Ing. de Sistemas e Informática; Correo electrónico: pcastaneda@continental.edu.pe

Resumen— La ciudad de Huancayo recibe un gran número de turistas extranjeros y nacionales, un promedio de medio millón de entusiastas anualmente. Por ello surge la necesidad de mostrar a los visitantes los lugares importantes de la ciudad, como el centro y sus alrededores. Se mejoró esta tarea mediante el desarrollo de una aplicación móvil que informa acerca de ciertos lugares representativos del centro histórico, así como de sus alrededores, con ella el turista obtiene más información del lugar que está visitando.

La solución fue muy viable, ya que, en los últimos años, disponer de un dispositivo inteligente se ha convertido en una necesidad del día a día.

Los aspectos antes mencionados facilitaron que casi cualquier persona pueda acceder a la aplicación turística para el centro histórico de la ciudad de Huancayo.

La aplicación, programada en Android, utilizó información seleccionada para ayudar al usuario a reconocer los diferentes sitios turísticos que existen en el centro histórico y conocer los principales detalles de estos.

La aplicación da al turista referencias exactas de la ubicación del siguiente punto de interés en promociones, tomando en cuenta las opciones de restaurantes y hoteles en la ciudad en ese momento. Con esta aplicación el turista no requirió tener un guía de turismo para aprender sobre el lugar que está visitando.

Palabras clave: Aplicación Android; aplicación móvil; turismo; desarrollo de software; sistema informático.

Abstract— The city of Huancayo has a large number of foreign and domestic tourists, amount half a million annually. Thus the need arises to show visitors the important places in the city, such as the center from the city. This task was improved by developing a mobile application that reports on some important sites of the historic center as well as its surroundings, so that the tourists could learn more about the place they're visiting.

The solution was very viable since in recent years a smart device has become a necessity of day.

The aforementioned aspects provided that almost anyone can access the app tourist center of the city of Huancayo. The selected application, programed in Android, used to help the user to recognize that there are various tourist sites in the historic center and visit the main details of these information.

The application gave the tourists a reference of where the next point of interest in promotion, taking into account the choices of restaurants and hotels in the city at that time. With this application, tourists did not require to have a tour guide to learn about the place they're visiting.

Keywords: Android application; mobile application; tourism; software development; informatics

I. INTRODUCCIÓN

Según el registro de los operadores turísticos, entre el 1 y el 3 de mayo del 2015, atendieron alrededor de 800 turistas, de los cuales 250 turistas, entre nacionales y extranjeros, llegaron por tren, número inferior al esperado. Por ello, el personal de la Agencia de Viajes Peruvian Tours manifestó que la Dircetur no realiza un trabajo óptimo para promocionar los atractivos turísticos, lo que trae como consecuencia que Huancayo reciba menos visitantes. Se señaló que el número de turistas disminuye considerablemente cada año [1].

Se han realizado algunas iniciativas por parte de los gobiernos regionales y algunas municipalidades, que invierten parte de su presupuesto en el sector turismo, brindándole una

herramienta, tan importante e indispensable en nuestros días, como la iniciativa de Promperu llamada Guía de servicio Turístico, disponible para descubrir los servicios turísticos como hoteles, restaurantes, etc., creada el 2014.

Otra de las iniciativas respaldadas por la inversión privada de Odebrecht es la llamada "Interoceánica completa tu mundo", también creada en el 2014, que presenta información en cinco secciones del recorrido, con detalles actualizados de sus atractivos turísticos, servicios existentes, mapas y recomendaciones de viaje.

Lo principal en los medios de difusión utilizados actualmente es que hay una gran tendencia a trabajar todo el esquema de dispositivos móviles, motivado por el uso que se le da.



La actividad tecnológica está en pleno auge de crecimiento desde hace varios años en todo el mundo. Actualmente, esta área de la industria apuesta por el turismo con el objetivo de mejorar la experiencia y atraer más turistas a Perú.

El avance constante en el desarrollo de las tecnologías, especialmente las que tienen relación con la información y la comunicación, el número creciente de usuarios de móviles, junto con el aumento en las tasas turísticas, hicieron necesario volver a pensar las estrategias de negocios, objetivos y canales de distribución de la información.

El turista demanda tecnologías que le ayuden a ganar tiempo y mejoren su experiencia de viaje. Qué mejor manera de obtener difusión a través de la tecnología que se lleva todo el tiempo en los bolsillos. Por ello se planteó el desarrollo de una aplicación móvil turística, que considere la promoción y publicidad en la ciudad de Huancayo con información de hoteles, restaurantes y sitios turísticos.

En el presente trabajo se explica el uso de la metodología de gestión de proyectos Scrum, se presentan las herramientas utilizadas para desarrollar la aplicación y se muestra el prototipo terminado, lo que se consiguió en escasas semanas. Si por algo se caracteriza Scrum es por aplicar una mejora continua constante, permite saber en qué punto del proyecto se encuentra y si se ha detectado algún mal funcionamiento está la posibilidad de cambiarlo, así como las pruebas de usabilidad realizadas y los resultados obtenidos.

II. ANTECEDENTES

Los antecedentes que se presentan a continuación se citarán de manera descriptiva, fueron revisados y analizados para brindar mayor consistencia teórica a este trabajo de investigación.

A modo de referencia, se considerará el aporte de Trinidad Pozo Borrego con su tesis *Tecnologías móviles y turismo*, realizada en la Universidad de Málaga en junio del 2014 [2]. La tesis describe el desarrollo que ha tenido el turismo en la Internet, un fenómeno que ha revolucionado el mundo y con ello la forma de vida del consumidor, quien cada vez hace un mayor uso, a través de numerosas aplicaciones móviles, del smartphone o las tabletas para buscar información, reservar vuelos, compartir experiencias en sus viajes, entre otras actividades.

Esta herramienta tecnológica hoy en día es indispensable para el turismo, tanto es así que, a través del estudio realizado, la mayoría de los destinos turísticos españoles cuentan con una aplicación móvil orientada al turismo, la cual ha sido desarrollada por un organismo público. Sin embargo, es importante destacar que no todos estos destinos han desarrollado una aplicación enfocada a los turistas internacionales por lo que deben de apostar más en ello.

El objetivo principal de este trabajo fue conocer, mediante un estudio analítico previo, en qué situación se encuentra el territorio español en cuanto al desarrollo de aplicaciones turísticas de carácter oficial que hayan sido creadas por un organismo público.

El mismo estudio revela que los smartphone, como herramienta de compra, son utilizados en un 82 % por los consumidores, los cuales han buscado un producto o servicio a través de su dispositivo móvil.

Esta búsqueda influye posteriormente en las decisiones del comprador (compra o no de un producto o servicio online o en el establecimiento), así como en las compras en diferentes canales: por ordenador (41 %) o directamente en la tienda (31 %).

Se dice que los compradores desde smartphone son compradores habituales y un 63 % de españoles afirma que realiza compras desde su teléfono móvil al menos una vez al mes (IPSOS MediaCT, 2013). Aunque esta modalidad de compra está en auge, también existen algunas barreras con respecto al comercio móvil que aún deben solucionarse.

Así, debido a las numerosas oportunidades y ventajas que pueden ofrecer el uso de estas aplicaciones móviles, es necesario tener un profundo entendimiento para explotar al máximo todo el potencial que se deriva de estas herramientas, las cuales están presentes en la vida diaria de un turista que está cada vez más conectado a través de los distintos dispositivos móviles electrónicos como los smartphone y las tabletas, además exige compartir sus experiencias en el momento en que las vive.

Otro antecedente es el proyecto "Integración de Foursquare y geolocalización en una Aplicación móvil para la creación de rutas turísticas" [3] realizado por Manuel Eduardo Sánchez Gomis de la Universidad Politécnica de Valencia, a inicios del 2015. Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar una aplicación que permitiera crear rutas turísticas a los usuarios. Esta aplicación proporciona, principalmente, tres funcionalidades: la creación de una ruta turística, su finalización y publicación en un servidor web y la descarga y el seguimiento punto a punto de una ruta. Con este objetivo, la aplicación móvil integra varias tecnologías: geolocalización, redes sociales y servicios web.

Todas ellas se han desplegado en un dispositivo móvil Android que ha enriquecido la aplicación móvil a realizar.

La realización de esta aplicación plantea una serie de objetivos:

- Necesidad de obtener un conjunto de datos para poder realizar las rutas turísticas. Estos deben estar en constante actualización para que el proyecto no quede obsoleto.
- La información obtenida anteriormente debe ser mostrada al usuario de manera clara, para que éste pueda interactuar con ella sin que le resulte tedioso y complicado.
- El usuario debe poder complementar la anterior información con una nueva información, lo que permite ampliar los datos mostrados.
- La información introducida por el usuario debe ser almacenada para futuras consultas.
- La información almacenada por el usuario debe ser fácilmente accesible por otros usuarios.

La aplicación móvil que se presenta como solución a las necesidades anteriores utiliza e integra diferentes tecnologías.

En primer lugar, la aplicación se integra con la red social Foursquare, una red social especializada en lugares, sitios de



ocio o de visita. La integración con esta red social permite que la aplicación muestre, utilice e incluya este conjunto de datos para la creación de rutas turísticas. En segundo lugar, la aplicación está basada en la localización del usuario.

Esto significa que los puntos o lugares de ocio se obtienen en función de la posición de éste. Finalmente, la aplicación se integra con un servidor web en el que los usuarios pueden publicar las rutas creadas. De esta manera, un usuario puede buscar, descargar y recorrer rutas creadas por otros usuarios.

Integrando todas estas tecnologías se ha desarrollado una aplicación que permite crear rutas turísticas. Este proceso se inicia cuando el usuario crea una ruta de viaje nueva. Una vez creada, obtiene su posición mediante el uso de la geolocalización. Esta información es enviada a Foursquare, que filtra los puntos almacenados en su red social y los devuelve al dispositivo.

Utilizando estos puntos y añadiendo información adicional, como comentarios o valoraciones de los lugares, el usuario construye su ruta punto a punto. Una vez finalizada su ruta, esta es enviada al servicio web para que sea almacenada y permita a otros usuarios descargarla y seguirla, además de disfrutar las experiencias vividas por este.

Y por último, se citará el trabajo de Ramón Núñez del Arco (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2013), titulado "Aplicativo para dispositivos móviles sobre información turística y hotelera de la ciudad de Guayaquil" dirigido a turistas nacionales y extranjeros" [4]. Este proyecto además de brindar un beneficio exclusivo a visitantes que se encuentren en la ciudad, busca incrementar y explotar el turismo de la misma, y apoyar al país desde un punto de vista cultural y económico, puesto que muchas atracciones, pequeños y grandes negocios e industrias hoteleras, se beneficiarían con este nuevo medio y canal de promoción de sus negocios.

Debido a la gran demanda de dispositivos móviles las personas hoy en día usan el internet móvil de sus smartphones (iPhone, BlackBerry, Nokia y otros) para ingresar en la web, para descargar imágenes y datos, ver contenidos de interés y buscar información en cualquier lugar.

Por lo tanto, se han presentado diferentes problemas a quienes lo frecuentan:

- Dificultad en ver sitios web, por menú de texto y contenido muy pequeño.
- Las empresas carecen de apps móviles para mostrar sus productos y servicios.
- La página se carga más lenta.
- Dificultad para lograr ver el sitio web de la empresa hotelera correctamente en la pantalla del dispositivo, no permite visualizar imágenes o banners animados etc.
- Información desactualizada o fraudulenta.
- Aglomeración de personas en hoteles preferidos porque no conocen otros que ofrezcan el mismo servicio, comodidad o presupuesto.

- Información incorrecta, desactualizada, errónea y fraudulenta en Internet.
- Ignorancia de las actividades festivas en la ciudad.
- Desinformación sobre actividades y eventos en el hotel.

III. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

OMT: Siglas de la Organización Mundial del Turismo. Entidad que genera conocimiento de los mercados, promueve políticas e instrumentos de turismo competitivo y sostenible, fomenta la enseñanza y la formación en materia de turismo y trabaja con el fin de hacer del turismo una herramienta eficaz para el desarrollo mediante proyectos de asistencia técnica en más de 100 países del mundo [5].

Sistema operati vo Android: Es un conjunto de herramientas y aplicaciones. Por sí solo no es un sistema operativo. Android es de código abierto, gratuito y no requiere pago de licencias. También es una plataforma de código abierto para dispositivos móviles que está basada en Linux y desarrollada por Open Handset Alliance. Compañías poderosas, como LG, Motorola y HTC, ya han diseñado alguno de los prototipos que incorporarán al sistema Android.

ECLIPSE: Es una plataforma de desarrollo, diseñada para ser extendida de forma indefinida a través de plug-ins. Fue concebida desde sus orígenes para convertirse en una plataforma de integración de herramientas de desarrollo libre.

SDK: El SDK de Android proporciona las diferentes bibliotecas API y las herramientas útiles de desarrollo necesarias para crear, probar y depurar aplicaciones para Android.

APK: Es un paquete para el sistema operativo Android; se usa para distribuir e instalar componentes empaquetados para la plataforma Android para smartphones y tabletas.

IDE: Un integrated development environment (IDE), por sus siglas en inglés. El ambiente de desarrollo interactivo o entorno de desarrollo integrado es una aplicación de software, que proporciona servicios integrales para facilitarle al programador de computadora el desarrollo de software.

MVC (modelo–vista–controlador): Es un patrón de arquitectura de software que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de la interfaz de usuario.

HTML5 (HyperText Markup Language, versión 5): Es lenguaje básico de la World Wide Web que establece una serie de nuevos elementos y atributos que reflejan el uso típico de los sitios web y móviles modernos.

CSS3 (cascading style sheets, versión 3): La hoja de estilo en cascada es un lenguaje usado para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en HTML.





IV. SCRUM

La palabra Scrum proviene del nombre de una jugada que ocurre en los partidos de rugby. Scrum es una metodología ágil en la cual se llevan a cabo una serie de prácticas iterativas, cuyo objetivo es que el grupo de desarrolladores trabaje unido, contribuyendo con sus habilidades individuales para la obtención de un software de buena calidad.

Una de las características de Scrum es la entrega de porciones incrementales del producto final al término de cada iteración; de esta manera, se pueden ir haciendo modificaciones o continuar con el desarrollo del software tal como se tenía previsto originalmente.

Scrum es una metodología diseñada para el desarrollo de productos en ambientes complejos en donde se requiere un producto funcional rápidamente, con cambios constantes o con especificaciones ambiguas como en el caso de esta aplicación.

En un equipo de Scrum existen tres diferentes roles: el propietario del producto, el Scrum máster y los miembros del equipo (ver Tabla n.º 1). Dentro del marco general de Scrum existen reuniones que ayudan a la planeación del desarrollo en donde las experiencias adquiridas por los desarrolladores son muy relevantes, por lo que la retroalimentación y la recopilación de historias son fundamentales (ver Tabla n.º 2).

El Sprint es el ciclo fundamental (iteración) del proceso de Scrum (ver Figura 1). Scrum no especifica la longitud del sprint de su equipo, pero se considera que una semana es el tiempo máximo para esta aplicación turística. Dos semanas es la longitud más frecuente, aunque también es común encontrar sprints con longitud de entre una y tres semanas.

Tabla n.º 1. Roles principales del scrum

| Rol | Descripción |
|--|---|
| Propietario del producto (Product owner) | Se asegura de que las necesidades de los clientes y usuarios finales son comprendidas por el equipo. Hace esto directamente creando, perfeccionando y comunicando los requisitos. |
| Maestro Scrum (Scrum Master) | Una de sus principales funciones es la implementación de cada una de las características de Scrum, también es un facilitador el cual se asegura de eliminar los problemas que pueda llegar a tener el equipo. |
| Equipo de desarrollo | Los equipos son altamente colaborativos, también se auto-organizan. Los miembros del equipo tienen autoridad total sobre cómo se hace el trabajo. Las personas que hacen el trabajo son las más autorizadas para decidir la mejor forma de hacerlo. |

Tabla n.º 2. Reuniones en Scrum

| Reunión | Descripción |
|--|--|
| Scrum diario (Daily Scrum) | Es una reunión diaria, generalmente al inicio del periodo de trabajo, que se puede adaptar a las necesidades del equipo. De manera breve cada participante comparte: Lo que ha completado desde el último Daily Scrum Lo que espera completar para el siguiente Daily Scrum Los obstáculos que ha tenido durante el desarrollo |
| Scrum de scrum | Esta reunión ocurre al finalizar el Daily Scrum. Acuden los líderes de grupo especializados en un área de desarrollo. Cada participante comparte Lo que ha completado su equipo desde la última reunión Lo que espera que complete su equipo para la siguiente reunión Los obstáculos que ha tenido su equipo |
| Reunión de planeación del Sprint (Sprint Planning Meeting) | El Sprint Planning Meeting marca el principio del sprint. Comúnmente tiene dos partes. El objetivo de la primera parte es que el equipo se comprometa a un conjunto de metas para el sprint. Durante la segunda parte de la reunión, el equipo identifica las tareas que deben realizarse en el orden de las historias de usuario acordadas. |
| Reunión de revisión del Sprint (Sprint Review Meeting) | Al final del sprint, el equipo tiene la oportunidad de mostrar su trabajo en el Sprint Review. El equipo muestra las historias que fueron completadas y las que faltaron por completar. En esta etapa es cuando el propietario del producto toma nota del trabajo realizado, revisando las características solicitadas por el cliente y evaluando si es necesario realizar cambios o agregar nuevas características. |
| Retrospectiva (Retrospective) | La retrospectiva se lleva a cabo en la final de cada sprint, consiste en dedicar tiempo para que el equipo se enfoque en lo que se ha aprendido durante el sprint. Esta retroalimentación puede ser útil para hacer algunas mejoras. |

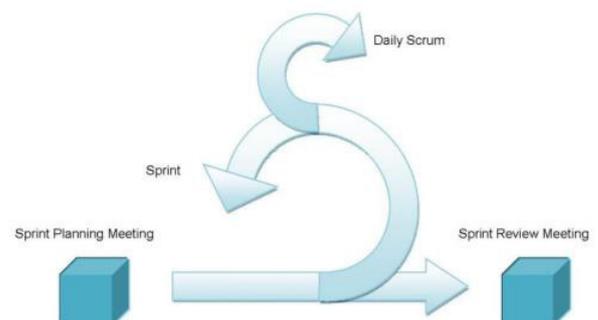


Figura 1. Visión general de Scrum

Fuente: Scrumguides.org.



Se realizó el desarrollo del software interpretando todos los roles de la metodología Scrum. El objetivo fue construir una aplicación didáctica para Android utilizando el entorno Eclipse con referencia a herramientas libres y siguiendo la metodología ágil denominada Scrum.

La búsqueda de información proporcionó los requerimientos concretos de manera prescriptiva, simplemente expresó con una perspectiva de usuario final, unas necesidades previamente establecidas. Se organizó el proyecto de acuerdo a los principios de la metodología para extraer los requerimientos, tomar decisiones y asignar responsabilidades, siempre tomando en cuenta los límites de tiempo establecidos.

V. ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

En esta sección se muestra la arquitectura del sistema y el patrón de diseño que serán utilizados para el desarrollo de la aplicación móvil turística y lograr cumplir con los requerimientos establecidos.

A. Arquitectura Modelo-Vista-Controlador

Para este proyecto se va a utilizar la arquitectura MVC, esto se hizo para permitir una mayor portabilidad de una aplicación e incluso facilitar su mantenimiento.

Pues si se desea modificar la apariencia de la aplicación, se prestará atención a la capa de la Vista; si se quiere cambiar de sistema de almacenamiento de datos, se prestará atención a la capa del Modelo, y si se requiere portar la aplicación a otra plataforma, se modificará la capa del controlador, al igual que si se desea modificar el código para optimizar el rendimiento [6].

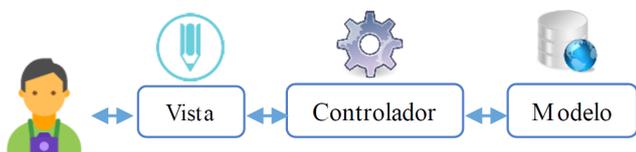


Figura 2. Visión general de MVC
Elaboración propia.

Se utilizó este estilo de arquitectura para favorecer su reutilización como servicio de información, también porque proporciona claridad y minimiza el código.

Esto favorece a la aplicación dado que las vistas tienen asociado un enlace URL que permite visualizar las imágenes que están en la web; el controlador permite interactuar con la aplicación por medio de botones y, para finalizar, en el modelo se almacena localmente esta información haciendo la aplicación más ligera.

VI. DISEÑO DE INTERFAZ GRÁFICA

Se ha diseñado una aplicación turística para la ciudad de Huancayo.

La aplicación guía a los turistas que vienen a visitar Huancayo y les da información sobre lugares interesantes para visitar.

A. Desarrollo de conceptos

Se empezó a investigar sobre los sitios turísticos, hoteles y restaurantes para la aplicación de turismo.

El objetivo es crear una experiencia turística única para los turistas que vienen a visitar la ciudad. Se comenzó con la creación de un flujo para la aplicación.

B. Flujo de la aplicación

Este flujo sirvió como panorama general de la aplicación con los requisitos descritos anteriormente.

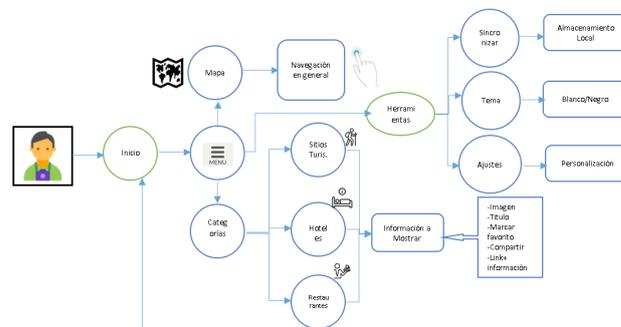


Figura 3. Flujo de la aplicación. Elaboración propia.

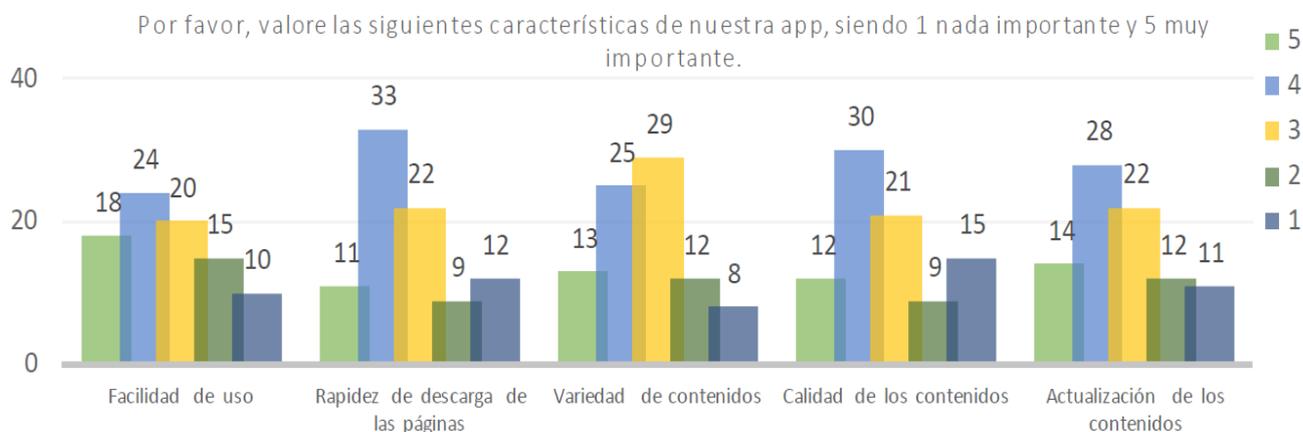


Figura 4. Calificación de la aplicación. Elaboración propia.





C. Primera fase

Se crearon bocetos de baja fidelidad, se decidió incluir un mapa donde los usuarios pueden, a través de gestos táctiles, obtener información sobre las calles y lugares populares de la ciudad.

D. Diseño visual y prototipo

Antes de crear los diseños visuales se incorporaron las sugerencias:

- Hacer la aplicación lo más simple posible, a fin de que pueda ser utilizada por un joven de 12 años como por una persona de 50 años.
- Después de realizar una búsqueda de información para esta aplicación, se vio que el sitio con mayor relevancia es el nevado Huaytapallana; sin embargo se requiere que los turistas también conozcan otros sitios alternativos en la ciudad. Para resolver este problema, se decidió incluir promociones tanto en hoteles y restaurantes de distintos puntos en la ciudad.

E. Pruebas de usabilidad

Para determinar la satisfacción del usuario y descubrir los problemas de usabilidad del prototipo, se ha realizado una encuesta de usabilidad en turistas que visitan la ciudad.

En esta investigación se ha utilizado el método probabilístico como método de muestreo, ya que el universo en estudio es finito.

En la figura 4 se muestran los resultados de la prueba de usabilidad. Se obtuvo un buen resultado en la calificación de la aplicación dadas las opiniones en las características que espera el turista.

VII. CONCLUSIONES

Se adoptó la metodología Scrum para el desarrollo de software la cual culminó con la presentación de un prototipo funcional.

Queda reflejada la viabilidad de aplicar los análisis de usabilidad al desarrollo de plataformas móvil del mismo modo que se puede aplicar a otro tipo de software.

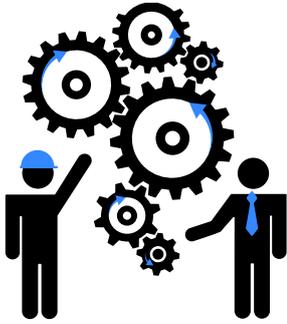
Como trabajo futuro, se plantea agregar al producto turístico nuevas modalidades que puedan captar una mayor recepción de visitantes. Por ejemplo, se debe impulsar la creación de nuevos circuitos turísticos de más amplia envergadura, así los turistas tendrían la oportunidad de conocer el valle del Mantaro, la selva central y sus alrededores.

También, se plantea estudiar los principales segmentos de mercado más atractivos para la compra a través de aplicaciones móviles, la posibilidad de nuevos nichos y si la introducción de ciertas ventajas como descuentos personalizados y cupones familiares fomentaría su uso.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Vivanco (2015), Preocupante: Huancayo ya no es destino turístico, Diario Correo [consulta en línea: 15 setiembre 2015]. Recuperado de <http://goo.gl/VUA5un>.
- [2] T. Pozo (2014), Tecnologías móviles y turismo [en línea], Universidad de Málaga, Facultad de Turismo [consulta: 17 setiembre 2015]. Recuperado de <http://goo.gl/BYr-7sm>.
- [3] M. E. Sánchez (2014), Integración de Foursquare y geolocalización en una aplicación móvil para la creación de rutas turísticas [en línea], Universidad Politécnica de Valencia [consulta: 22 setiembre 2015]. Recuperado de <https://goo.gl/OAzRHZ>.
- [4] R. Núñez (2013), Aplicativo para dispositivos móviles sobre información turística y hotelera de la ciudad de Guayaquil dirigido a turistas nacionales y extranjeros [en línea]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Artes y Humanidades Ingeniería en Sistemas Multimedia [consulta: 01 octubre 2015]. Recuperado de <http://goo.gl/96tkn3>.
- [5] Unwto, acerca de la OMT, Organización Mundial del Turismo, octubre 2015. [consulta: 04 octubre 2015]. Recuperado de <http://goo.gl/KHvQjd>.
- [6] Iavilae (2013), Programación Android, Modelo-Vista-Controlador [en línea, consulta: 05 octubre 2015]. Recuperado de <http://goo.gl/ODLgoa>.





METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA

Methodology of technological research in engineering

Celso De La Cruz Casaño¹

¹Universidad Continental, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería
Correo electrónico: cdelacruz@continental.edu.pe

Resumen— En las universidades peruanas es bien conocida la metodología de la investigación científica; sin embargo, es poco conocida la metodología de la investigación tecnológica.

La investigación tecnológica, conocida también como desarrollo tecnológico, se encarga de la creación de nuevos procesos, sistemas o máquinas; o la mejora de éstos.

En el presente trabajo se muestra la metodología de la investigación tecnológica, las diferencias con la metodología de la investigación científica, su importancia para el desarrollo de las industrias y ejemplos prácticos relacionados a las carreras de ingeniería.

Palabras clave: Investigación tecnológica, desarrollo tecnológico, inventar, innovar, ingeniería

Abstract— At Peruvian universities the scientific methodology of research is well known; however, the technological methodology of research is almost unknown.

The technological methodology, known also as technological development, permits the creation of new process, systems or machines; or the improvement of these.

In the present work the methodology of technological research, the differences with the methodology of scientific research, its relevance for the development of industries and practice engineering examples are presented.

Keywords: Technological research, technological development, invention, innovation, engineering.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación, según Sampieri [1], "es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno". Sin embargo, esta definición no abarca a la investigación tecnológica, la cual está más preocupada por transformar la realidad que por darle una explicación o comprenderla [2]. Es decir, la investigación tecnológica no se limita a estudiar un fenómeno natural que existe en la naturaleza, sino a crear nuevas realidades que no existen, para ello utiliza el proceso de invención, innovación, diseño o de desarrollo tecnológico [3, 4].

La importancia de la investigación tecnológica radica en que los desarrollos tecnológicos pueden convertirse en innovaciones, que se aplican directamente a las empresas haciéndolas más productivas y competitivas, necesarias para el desarrollo de un país. A mayor productividad en las empresas, mayor recaudación tendrá el Estado y podrá invertir más en investigación, cerrándose un círculo virtuoso.

Para obtener innovaciones, en la mayoría de veces, se requiere realizar investigación científica cuyos conocimientos generados darán paso a las investigaciones tecnológicas, éstas a su vez culminan en innovaciones; por lo tanto se debe invertir tanto en la investigación científica como en la tecnológica. Las empresas privadas que patentan innovaciones

también pueden obtener beneficios a través de las regalías. Así, estas empresas pueden continuar invirtiendo en investigación, cerrándose también un círculo virtuoso.

En la mayoría de universidades peruanas se reconoce sólo la metodología de la investigación científica, sin embargo, una parte de los alumnos y docentes tienen interés en realizar investigación tecnológica, sobre todo en las carreras de ingeniería. Al desconocer el método de investigación tecnológica, ellos terminan utilizando el método de investigación científica y se desvían de sus verdaderos objetivos.

En el presente trabajo se presenta la metodología de la investigación tecnológica, la cual servirá de guía para orientar a los investigadores que desean realizar investigaciones de este tipo. Los ejemplos que se brindan son de investigaciones internacionales que evidencian la realización de investigaciones tecnológicas a nivel mundial.

El artículo se organiza de la siguiente manera: primero se exponen las definiciones de la investigación tecnológica, luego se muestran las diferencias entre la investigación científica y la tecnológica citando ejemplos de investigaciones tecnológicas publicadas a nivel internacional, finalmente se presenta el proceso de la investigación tecnológica basado en autores y se propone un proceso de investigación tecnológica para las carreras de ingeniería.



II. INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Según Cegarra [3], la investigación tecnológica, también denominada "desarrollo", tiene por finalidad la invención de artefactos o de procesos con el objeto de ofrecerlos al mercado y obtener un beneficio económico.

Salvo excepciones, el desarrollo suele efectuarse en la empresa, requiriendo en algunos casos el concurso de la universidad, centros estatales o privados para llevar a buen término algunos aspectos de su investigación.

Según García [2], la principal diferencia del paradigma tecnológico respecto a los paradigmas clásicos (cuantitativo y cualitativo) es que en esta visión del mundo estamos más preocupados por transformar la realidad que por darle una explicación o comprenderla.

Sin embargo, esto no significa que no se esté interesado en conocer la realidad, sino que el conocimiento que se busca obtener, extraído de la realidad, sea operativo o ejecutable, esto es, debe orientar la ejecución de acciones concretas que nos beneficien como seres humanos, tanto en lo ingenieril-empresarial como en lo social.

El fin de la labor tecnológica es apoyarse en el conocimiento para lograr la transformación de una realidad concreta particular. En el paradigma tecnológico tenemos un proceso que integra la investigación y la transformación a la vez, es decir, requerimos conocer el objeto de estudio para después intervenir en una realidad particular modificando el estado de cosas, hasta alcanzar una aproximación a lo deseado.

Según Rincón [5], mientras que la ciencia hace referencia exclusiva a la generación de conocimientos nuevos, a través de la investigación, la técnica y la tecnología buscan la aplicación de los conocimientos derivados de investigaciones científicas; es decir, la técnica, la ciencia y la tecnología se diferencian por los objetivos que persiguen, sobre todo, en la forma de hacer las cosas para la satisfacción de las necesidades humanas, la producción de bienes y servicios (tecnología), mientras que, la ciencia pretende responder y entender la naturaleza y la sociedad.

III. DIFERENCIAS ENTRE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

En el libro de García [4] se muestran las diferencias entre el método cuantitativo, cualitativo y tecnológico. A continuación, se presentan las principales diferencias.

| Cuantitativo | Cualitativo | Tecnológico |
|--|--|--|
| La realidad existe, es externa al sujeto y es constante. | La realidad se construye, interactúa con el sujeto y es cambiante. | La realidad se puede cambiar y el hombre puede llevar a cabo tal intervención. |
| Cómo es el mundo. | Cómo viven o qué significa para ellos ... | Cómo transformar esa parte del mundo. |
| Genera afirmaciones universales teórico-explicativas. | Consigue afirmaciones particulares descriptivo-interpretativas-comprendidas. | Determina afirmaciones particulares operativas-ejecutables. |

En el cuadro se puede observar que la investigación tecnológica modifica la realidad, es decir el fin es crear nuevas

máquinas, estructuras, softwares, procesos, etc., así como también desarrollar mejoras sobre las existentes.

Como ejemplo de estas investigaciones se puede mencionar al trabajo de Sengupta [6], el cual desarrolla un nuevo algoritmo para explorar el espacio de alternativas de diseño de forma automática. Este algoritmo se puede utilizar en la optimización del diseño de un sistema electrónico, eléctrico, mecánico, etc. Otro ejemplo es el trabajo de Cho [7], en el cual se diseña un sistema de ventilación con una unidad de limpieza y control de demanda para una edificación multi-residencia.

Este diseño está basado en la demanda para ahorrar energía en la ventilación, reduce el suministro de aire exterior utilizando un filtro de aire mientras se mantiene la calidad del aire; en esta operación el sistema de ventilación mide la concentración de CO₂ y HCHO.

El trabajo previo [8] también se puede tomar como ejemplo de investigación tecnológica. En esta investigación se desarrolló un sistema de navegación para una silla de ruedas robótica basada en landmarks.

El sistema propuesto utiliza los sensores en las ruedas, segmentos metálicos como landmarks y un identificador por radio frecuencia (RFID) para ubicar al robot en el edificio, y así poder realizar la navegación automática calculando el camino más corto para llegar a su destino.

El sistema de navegación también incluye una estrategia para evadir obstáculos: desvía al robot de su trayectoria y, una vez evadido el obstáculo, éste vuelve a su trayectoria original.

IV. PROCESO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

En el libro de García [4], se proponen las siguientes etapas para realizar una investigación tecnológica:

1. Observar. En esta etapa intervienen los conocimientos previos, la experiencia adquirida y la intuición del observador.
2. Determinar el problema. Se determina qué es lo que ocurre o está presente y requiere de atención.
3. Documentar. Es reunir la información pertinente; esto permite conocer, identificar y relacionar datos para tomar decisiones basadas en el conocimiento.
4. Reflexionar. En esta etapa se generan algunas respuestas al problema o se formula uno nuevo con base en la información obtenida en la etapa previa.
5. Elaboración del proyecto de intervención. En una investigación tecnológica no se diseña un proyecto de investigación, como ocurre en la investigación científica, sino que se formula un plan para efectuar una intervención en la realidad.
6. Valorar. Se evalúa la efectividad de un proyecto de intervención mediante la presentación y discusión de la propuesta o la experimentación de la propuesta.
7. Comunicar. Se comunica cuál será la participación de los involucrados en la implementación de la propuesta.



8. Implementar. Se ejecuta el plan de trabajo para implementar la propuesta.
9. Seguimiento. Se asegura que se cumpla el plan de trabajo.
10. Evaluación. Se evalúa si los objetivos se lograron convenientemente.

Otra propuesta se puede encontrar en Rincón [5], la cual se resume en el siguiente índice de contenidos:

1. Resumen
2. Preámbulo
3. Introducción
4. Contextualización y problemática. Situación inicial –dimensión deseada–, situación final. Objetivos. Justificación.
5. Teoría histórica, técnica y operativa. Sustentaciones teóricas histórico-evolutivas, científicas, técnicas-tecnológicas, empíricas y bases legales.
6. Metodología investigativa. Descripción del proceso de invención, innovación u optimización. Explicación del diseño (invención, diseño, innovación). Procesos para la creación del diseño. Recursos: instrumentos, herramientas, materiales, inversiones (análisis de costos).
7. Análisis y resultados. Explicación de objetivos: Experimentos, ensayos, pruebas, evaluaciones, seguimientos, estadísticas.
8. Prototipo. Estudio de rentabilidad, factibilidad y viabilidad. Evaluación del prototipo. Proyecciones y perspectivas de la innovación (mejoras, optimización, transformación)
9. Conclusiones
10. Aportes y recomendaciones

A continuación se propone una metodología de investigación tecnológica adaptada a las carreras de Ingeniería, basadas en las metodologías presentadas anteriormente.

1. Planteamiento del estudio

- a. Planteamiento del problema.
El problema a diferencia de la investigación científica, parte de una necesidad.
- b. Formulación del problema.
La formulación del problema, a diferencia del método de investigación científica, puede ser en forma de lista de requerimientos y restricciones (como en [6]) o en forma de pregunta.
- c. Objetivos
- d. Justificación e importancia

2. Marco teórico.

- a. Antecedentes del problema
- b. Bases teóricas.
- c. Definición de términos básicos

3. Hipótesis.

Se plantea una o varias soluciones tentativas al problema de investigación.

4. Metodología

- a. Plan de trabajo del diseño o desarrollo. En esta etapa se explican los pasos a seguir para alcanzar los objetivos.
- b. Recursos. Instrumentos, herramientas, materiales e inversiones.

5. Implementación

En esta etapa se ejecuta el diseño o desarrollo.

6. Evaluación

En esta etapa se evalúa el diseño o desarrollo. La prueba puede ser mediante simulaciones o mediante prototipos.

La hipótesis podría no ser cierta, puesto que en el proceso de investigación el diseño o desarrollo podría tomar múltiples formas, es muy complicado estimar con certeza los resultados al inicio de la investigación.

Se puede observar en el método anterior que no se consideran las variables del objeto de estudio al inicio de la investigación como se hace en la investigación científica. La razón es que la investigación científica estudia un fenómeno de una realidad existente y, por lo tanto, requiere de las variables al inicio del estudio.

En la investigación tecnológica se crea una nueva realidad, por eso las variables cambiarán de acuerdo a cómo evoluciona el diseño o desarrollo.

A continuación se muestra un ejemplo de la formulación del problema, objetivo, hipótesis y plan de trabajo del diseño o desarrollo en el método de investigación tecnológica.

Formulación del problema

Se requiere un sistema de ventilación que mantenga el aire fresco y ahorre energía para un conjunto habitacional.

Objetivo

Diseñar un sistema de ventilación que mantenga el aire fresco y ahorre energía para un conjunto habitacional.

Hipótesis

- Un sistema de control mantendrá de manera adecuada el aire fresco.
- Un sistema de control que minimiza la ventilación requerida y a la vez garantiza la calidad del aire disminuye el consumo de energía.
- El sistema de control adecuado utiliza un sensor de CO₂.



- La recirculación de aire con un filtro para evitar utilizar aire exterior permite ahorrar energía.

Plan de trabajo del diseño o desarrollo:

- Se diseñará el sistema de control que cumpla con los requerimientos y restricciones.
- Se seleccionará el sensor de CO₂ adecuado y se buscarán otras alternativas para medir la calidad de aire en el sistema de control.
- Se diseñará un sistema de recirculación automática del aire utilizando un filtro y se buscarán otras alternativas para disminuir la energía gastada en la ventilación.

Como se puede observar en el ejemplo anterior, utilizar el método propuesto facilita enormemente la elaboración de un proyecto de investigación del tipo tecnológico, dado que los puntos tratados en el ejemplo se dan de manera natural en la solución de problemas en ingeniería.

V. CONCLUSIONES

El desarrollo tecnológico se viene dando con gran fuerza en investigaciones a nivel mundial.

La investigación tecnológica a diferencia de la científica, modifica la realidad y no solo la estudia.

La investigación tecnológica tiene gran importancia porque los desarrollos tecnológicos mejoran la productividad de las industrias.

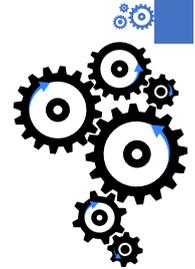
El método de investigación propuesto facilita enormemente la elaboración de un proyecto de investigación tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Universidad Continental por brindarle los recursos necesarios para realizar la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Hernández Sampieri, C. Fernández y M. Baptista, Metodología de la Investigación. 5a ed, México: McGraw Hill, 2010.
- [2] F. García Córdova y R. Muñoz, "El conocimiento como recurso sustantivo del cambio tecnológico en las organizaciones", Criterio Libre, vol. 7, n.º 11, 2009.
- [3] J. Cegarra Sánchez, Metodología de la investigación científica y tecnológica. Madrid: Díaz de Santos, 2004.
- [4] F. García Córdova y M. R. Trejo, La perspectiva de la investigación tecnológica en educación. México: Limusa, 2012.
- [5] I. B. Rincón, "Investigación científica y tecnológica como factores de innovación", Entelequia: Revista Interdisciplinar, n.º 14, 2012.
- [6] A. Sengupta y S. Bhadauria, "Automated design space exploration of multi-cycle transient fault detectable datapath based on multi-objective user constraints for application specific computing" Advances in Engineering Software, vol. 82, 2015.
- [7] W. Cho, D. Song, S. Hwang y S. Yun, "Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demand control in a multi-residential building," Energy and Building, vol. 90, 2015.
- [8] C. De La Cruz, W. Cardoso y T. Freire, "A robust navigation system for robotic wheelchairs", Control Engineering Practice, vol.19, 2011.



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

PROCEDIMIENTO PARA PUBLICAR UN ARTÍCULO

Etapa de revisión

Enviar un correo electrónico a revistaingenieria@continental.edu.pe con asunto "Envío de artículo a la revista Ingenium". Su artículo será revisado por el editor de la revista quien revisará si el artículo se adecúa a los temas de ingeniería que publica la revista. Luego, se enviará a tres revisores especialistas en el tema del artículo, quienes darán sugerencias para mejorar el artículo y su visto bueno para la publicación. Dos aceptaciones son suficientes para publicar el artículo en la revista Ingenium.

Etapa Final

Se debe enviar el artículo con la respuesta a las correcciones sugeridas por el editor y los tres revisores, mencionando si se realizó la corrección y en qué parte del artículo, o si no se realizó la corrección justificando esta decisión.

Copyright

Un copyright debe acompañar a la versión final del artículo. Este debe ser rellenado por el investigador principal al momento de enviar la versión final del artículo. Los autores son responsables de obtener cualquier autorización adicional para publicar el artículo en el caso de estar utilizando material confidencial.

Políticas de la Editorial

No enviar a la revista versiones de artículos que hayan sido publicados en otro lugar. Los artículos deben tener importantes mejoras de trabajos previos publicados. No publicar datos o resultados preliminares. El autor es responsable por obtener permiso de todos los coautores y todos los consentimientos requeridos de patrocinadores antes de someter el artículo. Se debe citar trabajos previos relevantes.

Al menos dos revisores son requeridos para cada artículo sometido.

La longitud del artículo debe ser proporcional con la importancia, o apropiadamente a la complejidad del trabajo. Por ejemplo, una obvia extensión de trabajos previos publicados posiblemente no sea apropiado para publicación o puede ser adecuadamente tratado en tan solo algunas cuantas páginas.

Dado que la repetición de los resultados son requeridos para un avance en la ciencia y tecnología, los artículos sometidos para publicación deben proveer suficiente información para permitir a los lectores ejecutar similares experimentaciones, implementaciones o cálculos y utilizar los resultados reportados.

Aunque no todo necesita ser develado, un artículo debe contener información nueva, útil, y ampliamente descrito. Por ejemplo, una composición química no necesariamente será reportada si el propósito principal del artículo es introducir una nueva técnica de medida. Los autores deben esperar ser cuestionados por el revisor si sus resultados no están sustentados con datos adecuados y detalles críticos.

Sobre el contenido del manuscrito

Resumen

El resumen debe expresar la importancia de su investigación de una manera lógica y concisa. El resumen es una sinopsis del estudio original que apunta el problema de la investigación, las informaciones y métodos utilizados para abordar este problema, la solución propuesta de ser el caso y su conclusión.

Solo debe presentar puntos clave sin exceder la longitud de 300 palabras. Se deben utilizar oraciones completas y en tercera persona. Se utiliza Nomenclatura estándar y se debe evitar abreviaciones. No se citan literaturas.

Palabras Clave

Se requiere cinco palabras claves separados por comas.

Introducción

La introducción establece los objetivos del trabajo y provee adecuados antecedentes del trabajo, evitando literatura detallada, encuestas o un resumen de resultados.

Desarrollo

- Describir claramente los métodos y las pruebas realizadas y de ser posible realizar una comparación sobre ventajas, desventajas y limitaciones respecto a otros métodos existentes. Se debe entender por método a cualquier método científico o cualquier método tecnológico, este último puede ser el método utilizado para solucionar un problema, generar una innovación, generar un nuevo algoritmo, etc.
- Incluir los cálculos y/o modelos matemáticos que sustenten la investigación propuesta.
- Para todas las siglas utilizadas, deberá aclararse su significado desde su primera aparición en el trabajo.
- Evitar el uso de nombres comerciales ni el lugar de la institución o dependencia donde fue realizada la investigación, salvo que sean estrictamente necesarios para la explicación de la misma.
- Discusión y análisis de resultados
- Se presentarán con una secuencia lógica procurando resaltar las observaciones importantes.
- Se describirán los resultados de las pruebas sin interpretar o hacer juicios de valor.

Conclusiones

Además de las conclusiones derivadas de la investigación, se pueden incluir datos para una posible investigación futura.

Agradecimientos

Se recomienda incluir la fuente de financiamiento para la investigación.

Apéndices, Opcional

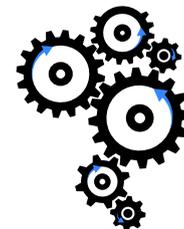
Referencias

En la plantilla del artículo se puede encontrar ayuda adicional sobre el formato de las figuras, ecuaciones, referencias, etc.





INSTRUCTIONS FOR AUTHORS



PROCEDURE TO PUBLISH AN ARTICLE

Stage review

Send an email to revistaingenieria@continental.edu.pe with subject "Sending Ingenium magazine article." Your article will be reviewed by the magazine editor who will review if the item is suited to engineering issues which publishes the journal. Then he send to three reviewers specialists in the subject of the article, who will give suggestions to improve the article and its approval for publication. Two acceptances are sufficient to publish the article in the journal Ingenium.

Final stage

You must ship the item with the answer to those suggested by the editor and the three reviewers corrections, mentioning whether the correction was made and where in the article, or if the correction was not made to justify this decision.

Copyright

A copyright must accompany the final version of the article. This should be completed by the principal when you submit the final version of Article researcher. The authors are responsible for obtaining any additional authorization to publish the article if you are using confidential material.

Editorial Policies

Do not send the magazine versions of articles that have been published elsewhere. Items must have significant improvements of previous work published. No published data or preliminary results. The author is responsible for obtaining permission of all coauthors and all required consents from sponsors before submitting the article. Should cite relevant prior work.

At least two reviewers are required for each article submitted.

The length of the article should be proportionate to the importance, or appropriately to the complexity of the work. For example, an obvious extension of previous work published may not be appropriate for publication or can be adequately treated in only some few pages.

Since the repetition of the results are required for progress in science and technology articles submitted for publication must provide sufficient information to allow readers to perform similar experiments, implementations or calculations and use the reported results.

Although not everything needs to be revealed, an article must contain new, useful, and widely described information. For example, a chemical composition will not necessarily be reported if the main purpose of the article is to introduce a new measurement technique. Authors should expect to be questioned by the reviewer if their results are not supported with adequate data and critical details.

On the content of the manuscript

Summary

The abstract should express the importance of their research in a logical and concise manner. The summary is a synopsis of the original study that addresses the problem of research, information and methods used to address this problem, the proposed solution to be the case and its conclusion.

Please show key points without exceeding the length of 300 words. They must use complete sentences and in the third person. Standard nomenclature is used and should be avoided abbreviations. No literatures cited.

Keywords

five keywords separated by commas are required.

Introduction

The introduction sets out the objectives of the work and provide adequate background work, avoiding detailed literature survey or a summary of results.

Development

Clearly describe the methods and testing and if possible a comparison of advantages, disadvantages and limitations compared to other existing methods. It should be understood by any scientific method method or any technological method, the latter may be the method used to solve a problem, generate innovation, generate a new algorithm, etc. Include calculations and / or mathematical models that support the proposed research.

For all the acronyms used, it should be clarified its meaning since its first appearance at work.

Avoid the use of trade names and place of the institution or agency where the research was conducted, unless they are strictly necessary for the explanation of it.

Discussion and analysis of results

They will be presented in a logical sequence seeking to highlight the important observations.

the test results without interpreting or making value judgments will be described.

conclusions

In addition to the findings from research, they may include data for possible future investigation.

Thanks

It is recommended to include the source of funding for research.

Appendices, Optional

References

In the item template you can find additional help on the format of the figures, equations, references, etc.



