



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



INFLUENCIA DEL COLOR DE LOS PAVIMENTOS EN EL CALENTAMIENTO POR RADIACIÓN TÉRMICA

**Liliana Carolina Hernández García, Daniela Esther Torres Convers, Johann
Harvey Soto Barra**

**Universidad Piloto de Colombia
Girardot, Colombia**

Resumen

Esta investigación consiste en medir de la influencia de la temperatura ambiente en los pavimentos de colores, para establecer cuál de estos, mitiga mejor el efecto isla de calor, en Girardot, municipio de la región del Alto Magdalena, donde registra temperaturas máximas de 43°C y radiación solar de 5 KWh/m². Sumando el albedo, con el efecto isla calor urbana y el clima, nos da como resultado que es un sitio vulnerable a los efectos del incremento de temperatura por el desarrollo urbano. Para dar solución sostenible, existen técnicas del concreto en las que incorpora pigmentos para dar color a los pavimentos. Partiendo de la hipótesis que, los colores claros disminuyen las temperaturas y los oscuros aumentan, nace la pregunta de investigación: ¿cuál es el color ideal para un pavimento que mitigue los efectos de calentamiento por radiación solar en Girardot? Para resolverla se instalaron ocho muestras de pavimentos de colores diferentes, en dos zonas distintas: una en zona boscosa y la otra en zona árida. Las lecturas todas durante varios meses, indican que el color verde y el azul absorben menor cantidad de calor, mientras que el negro del concreto asfáltico, absorbe hasta el 11% más de la temperatura externa.

Abstract

This investigation consists of measuring the influence of the ambient temperature on the colored pavements, to establish which of these, best mitigates the heat island effect, in Girardot, municipality of the Alto Magdalena region, where it registers maximum temperatures of 43 ° C and solar radiation of 5 KWh / m². Adding the albedo, with the urban heat island effect and the climate, it gives us as a result that it is a vulnerable site to the effects of the increase of temperature by the urban development. To provide a sustainable solution, there are concrete techniques in which it incorporates pigments to give color to the pavements. Starting from the hypothesis that light colors

decrease temperatures and dark colors increase, the research question is born: what is the ideal color for a pavement that mitigates the effects of heating by solar radiation in Girardot? To solve it, eight samples of pavements of different colors were installed in two different zones: one in a wooded area and the other in an arid zone. The readings all during several months, indicate that the green color and the blue absorb less amount of color, while the black of the concrete asphalt, absorbs up to 11% more of the external temperature.

INTRODUCCIÓN

Girardot en un contexto de región del Alto Magdalena cuenta con dos estaciones ambientales, que el IDEAM describe como época de lluvias dos períodos anuales con precipitaciones máximas de 1000 a 1500 mm durante los meses de abril y octubre, y una época de sequía, con temperaturas de 34°C durante los meses de enero y julio. Anualmente, la región registra una variación en la radiación solar entre 4,5 a 5 KWh/m². (IDEAM, 2014) 2014)

La aplicación de nuevas tecnologías en el diseño de un pavimento promueve la mejora del entorno y con resultados en la disminución de temperatura del mismo. Mediante la ayuda del espectro luminoso provocado por los colores, Esta investigación busca identificar el color que tenga mayor disminución en la temperatura, por la radiación solar a la que está expuesta en la Región del Alto Magdalena.

De esta manera, se promueve la implementación de una técnica de pavimentos que ayude a mitigar el impacto ambiental en la zona, por efecto isla de calor, por esto incluyendo en el diseño de un pavimento la variable del color que, aunque existe en el mercado nacional, por alguna razón, no existen registros de pavimentos con colores en la Región del Alto Magdalena.

Partiendo de esta hipótesis, se validaron ocho muestras ante los efectos de temperatura en la Región del Alto Magdalena, bajo dos condiciones de frontera, el primero en una zona árida y el segundo en una zona húmeda, cada uno simulando las dos épocas climatológicas que tiene la ciudad en el año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Si sumamos el albedo, que es el nivel de radiación que emite un material, con el efecto isla calor urbana que es la densidad poblacional y la cantidad de edificaciones en un área concéntrica y el clima, que es la temperatura ambiente a la cual se expone el material, nos da como resultado que la ciudad de Girardot es un sitio vulnerable a los efectos del incremento de temperatura por el desarrollo urbano. (Córdova Sáez, 2011) Para dar solución sostenible, existen técnicas del concreto en las que incorpora pigmentos para dar color a las obras de infraestructura. Partiendo de la hipótesis que los colores claros disminuyen las temperaturas y los oscuros aumentan, nace la

siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el color ideal para un pavimento que mitigue los efectos de calentamiento por radiación solar en Girardot Ciudad Región?

El albedo es la relación que existe entre la energía luminosa difundida por una superficie a través de la reflexión y la energía incidente. Es decir, el albedo revela qué nivel de radiación refleja una superficie en comparación a la radiación total que recibe y se indica en términos porcentuales. (Voogt, 2008)

El planeta Tierra tiene un albedo medio cercano al 38% respecto a la radiación solar. En las superficies claras, el albedo es más elevado que en las superficies más oscuras. Mientras que la nieve tiene un albedo del 86% (es decir, refleja el 86% de la luz que recibe), los desiertos se ubican en torno al 21%, los bosques llegan al 8% y los mares apenas alcanzan entre el 5% y el 10%. Esto quiere decir que una superficie cubierta de nieve refleja mucha más luz que un océano. Cuando el albedo es alto, la temperatura en el planeta tiende a descender debido a que la radiación del sol, en su mayor parte, no es absorbida, sino reflejada. En cambio, si el albedo es bajo, el planeta se calienta: el porcentaje de radiación solar que absorbe la superficie es muy alto. (Pérez Porto & Merino, 2017)

No obstante, el efecto “isla de calor urbana” es un fenómeno de origen térmico que se produce en áreas urbanas y que consiste en que existe una temperatura diferente, que tiende a ser más elevada especialmente durante la noche, en el centro de las ciudades -donde se suele producir una edificación masiva- que, en las áreas de alrededor, como extrarradios o zonas rurales. Esto es causado porque los materiales se desprenden muy lentamente de calor que captan durante el día, lo que aumenta las temperaturas nocturnas. (Salvati, Roura, & Cecere, 2016)

Albedo en el contexto de la isla de calor urbano contribuye al impacto ambiental de un pavimento. La medición del albedo del pavimento es difícil ya que depende del tamaño de la muestra, la interferencia de fondo y las variaciones en el espectro solar entrante, el valor medido desde un albedómetro varía entre 0,50 a 0,55. (Sen, Roesler, & King, 2018)

RESULTADOS

Después de realizar el diseño de mezclas de un concreto para pavimentos de Módulo de Rotura - Mr- 4.0 kg/cm², se elaboraron ocho muestras con diferentes pigmentos, entre los que se destacan los siguientes pigmentos:

Color	Pigmento
Blanco	Dióxido de Titanio (TiO ₂)
Amarillos	Óxido de hierro o hidróxido de hierro (Fe ₂ O ₃)
Rojo	Óxido de hierro rojo (Fe ₂ O ₃)
Negro	Mezcla de óxidos metálicos [Cu(Cr,Fe) ₂ O ₄]
Verde	Óxido de cromo Verde (Cr ₂ O ₃)
Azul	Azul de Cobalto [Co(Al, Cr) ₂ O ₄]

Tabla 1. Pigmentos empleados para la coloración de las muestras de pavimento
Fuente: (Cymper, 2017)

INFLUENCIA DEL COLOR DE LOS PAVIMENTOS EN EL CALENTAMIENTO POR RADIACIÓN TÉRMICA

Estos seis minerales, se compararon con una muestra de concreto asfáltico y una de concreto hidráulico. Las ocho muestras se instalaron en dos sitios diferentes, la primera en una zona húmeda, con vegetación abundante y la segunda en una zona árida y desértica. Las dos bajo las mismas condiciones atmosféricas de la región del Alto Magdalena, durante la época del año de sequía, en los meses de abril y octubre. Obteniendo los siguientes resultados:

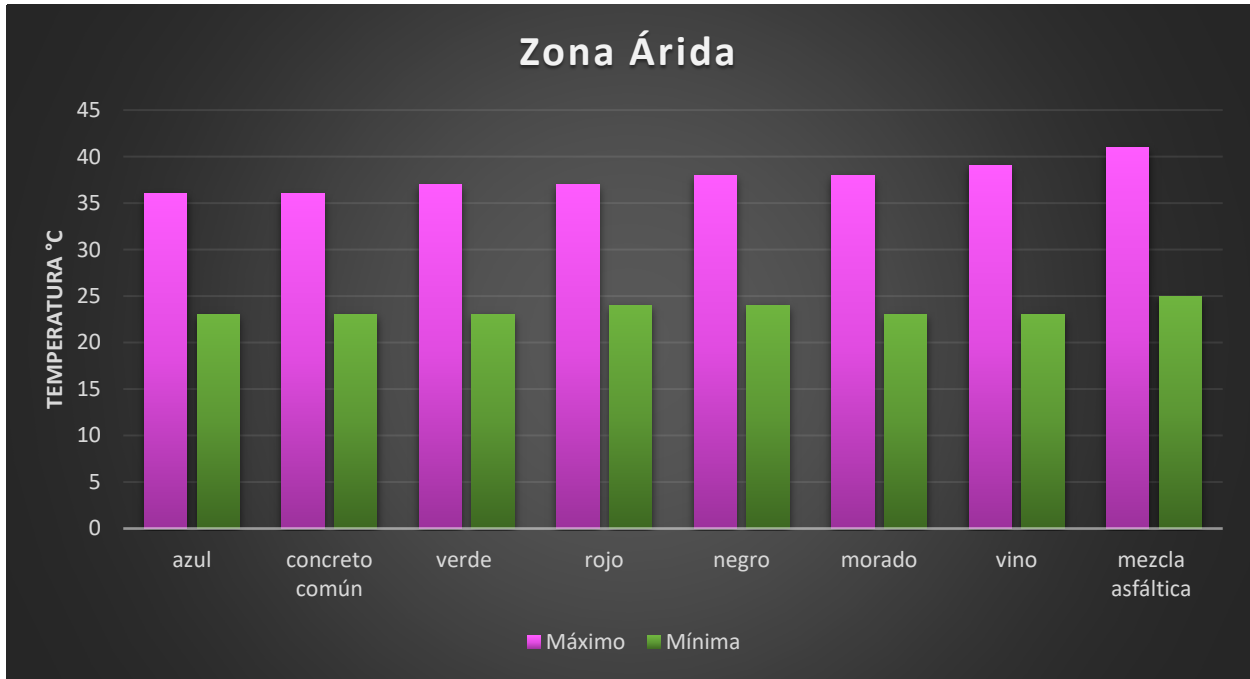


Tabla 2. Temperatura máximas y mínimas de las muestras de concreto en zona árida
Fuente: propia, 2018



Figura 1. Muestras con los pigmentos en zona árida
Fuente: propia, 2018

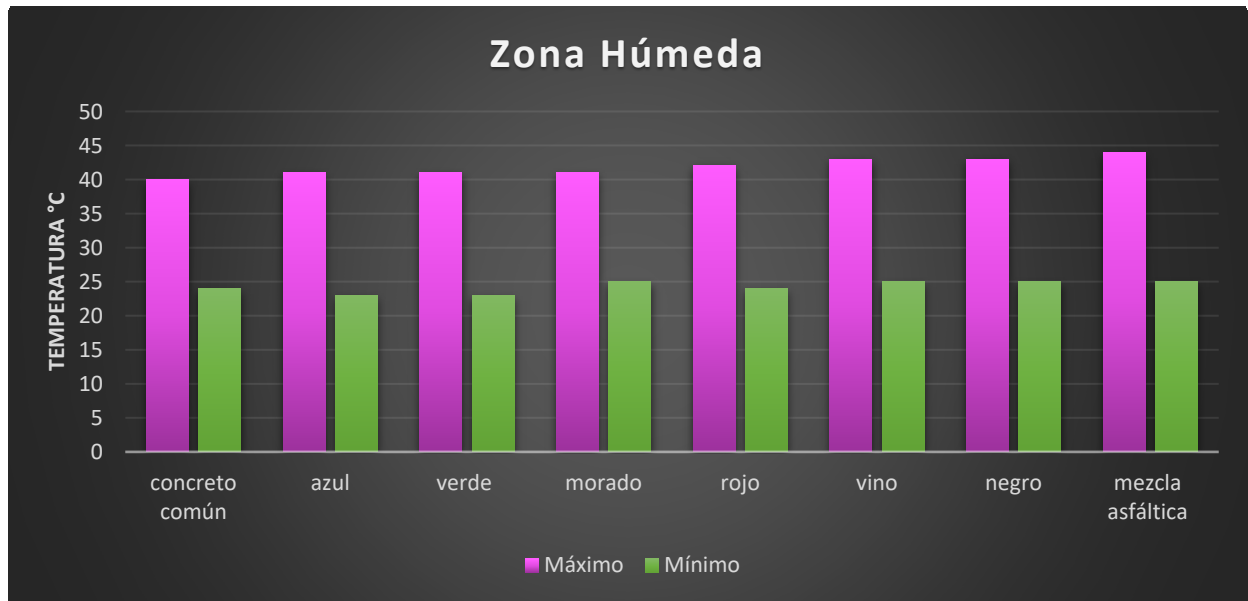


Figura 2. Temperatura máximas y mínimas de las muestras de concreto en zona húmeda
Fuente: propia, 2018



Figura 3. Muestras con los pigmentos en zona húmeda
Fuente: propia, 2018

Para identificar la variación de la temperatura en las muestras, se promediaron las lecturas tomadas durante los dos meses, teniendo en cuenta la hora del día en la que se registró, obteniendo los siguientes resultados:

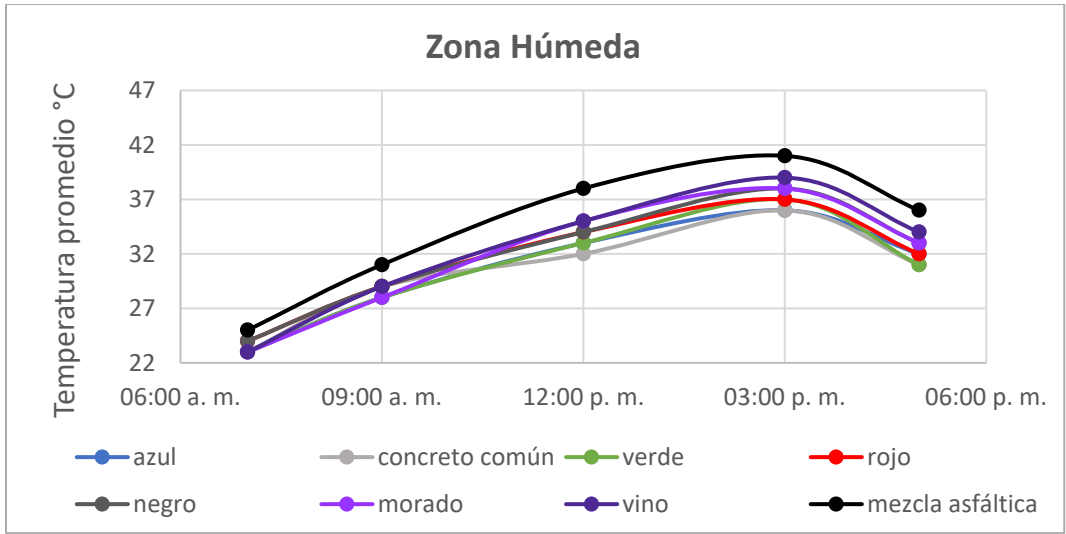


Figura 4. Variación de la temperatura en diferentes horas del día, zona húmeda
Fuente: propia, 2018

De la misma manera durante los meses de abril y octubre, se registraron las lecturas de temperatura en zona árida.

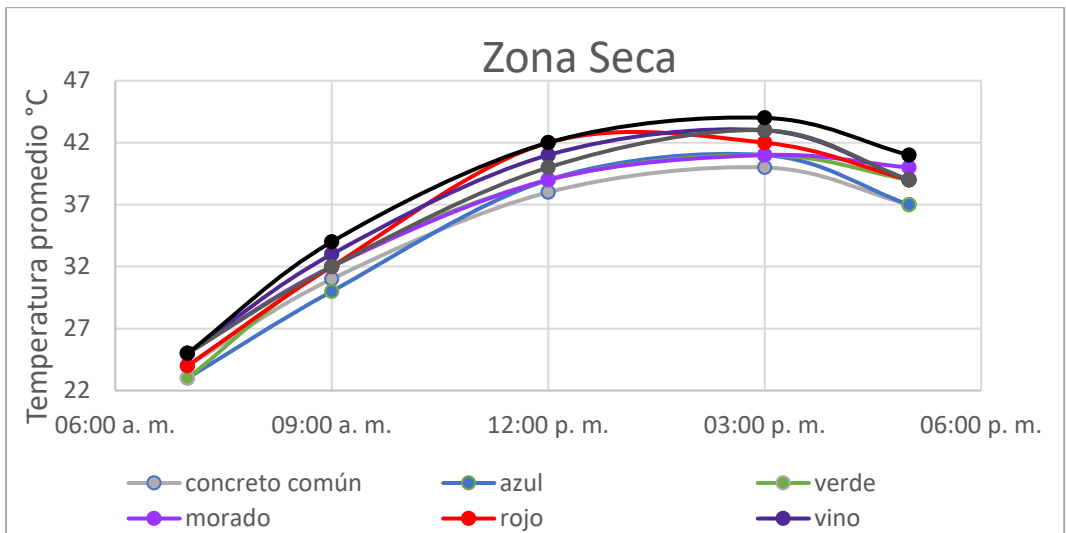


Figura 5. Variación de la temperatura en diferentes horas del día, zona húmeda
Fuente: propia, 2018

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La tendencia de la humanidad es el crecimiento acelerado de la densidad poblacional y el concreto es uno de los materiales más utilizados en los proyectos de construcción de obras civiles a nivel mundial, gracias a sus características y propiedades. Las ciudades con mayor densidad poblacional, reducen los espacios verdes convirtiéndolas en lo que comúnmente es llamado 'selva

de cemento'. Esto provoca un fenómeno llamado "isla calor urbana" este consiste en el incremento del calor al interior de la ciudad, por la retención de la radiación solar en estructuras como pavimentos, edificios y zonas duras. El uso del color en pavimentos, disminuye el incremento de la temperatura por radiación solar, siendo este mayor en las zonas húmedas que en las áridas.

Durante el mes de octubre de 2017 y abril de 2018, se registraron temperaturas máximas de 39°C en la región del Alto Magdalena, no obstante, las muestras expuestas a esa temperatura registraron lecturas que varían de acuerdo al color de cada una de ellas. Teniendo como valores de frontera el color negro del concreto asfáltico, quien registró una temperatura máxima de 44°C equivalente a un aumento del 12.82% de la temperatura ambiente.

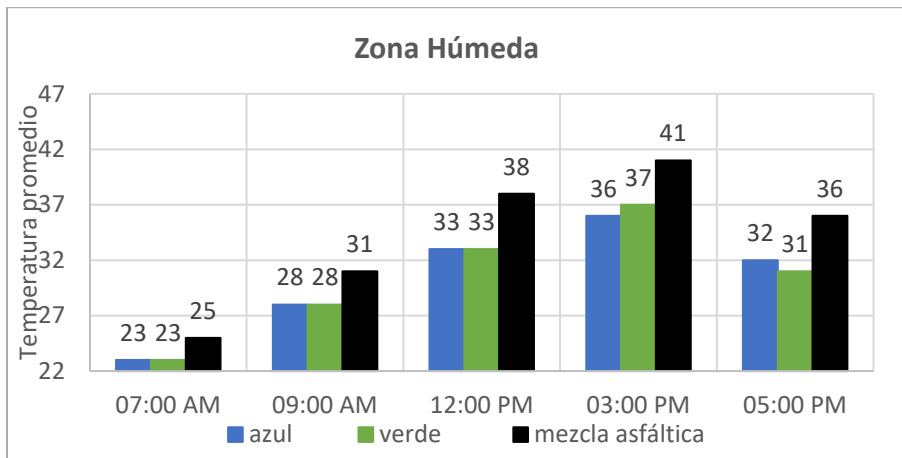


Figura 6. Valores frontera de temperatura en muestras de color, zona húmeda. Fuente: propia, 2018

Mientras que los colores azul y verde, registraron temperaturas máximas de 40 y 41, valores equivalentes al 5%. No obstante, en zonas húmedas en presencia de capa vegetal, estas cifras se redujeron a 36 y 37°C, 5% menos de la temperatura ambiente.

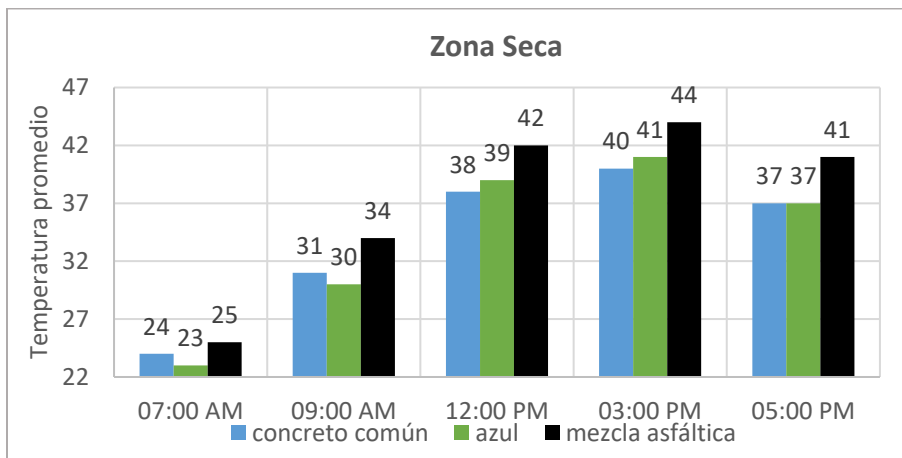


Figura 7 Valores frontera de temperatura en muestras de color, zona árida. Fuente: propia, 2018

De ser así, el color en un pavimento en un pavimento en la región del Alto Magdalena, sumado a la arborización de las zonas peatonales no solo mitiga el efecto isla calor, sino que reduce la temperatura en la zona urbana en un 5%. Cifra que bajo los efectos del cambio climático resulta admisible, sostenible y sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Córdova Sáez, K. (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbanas, en el ambiente y la salud humana. *Terra Nueva Etapa*, 96-122.
- Cymper. (24 de Mayo de 2017). *Cymper.com*. Obtenido de Pigmentos para cemento y hormigón: <https://www.cymper.com>
- IDEAM. (2014). *Irradiación Global Horizontal Medio Diario Anual*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia. Recuperado el 2018, de atlas.ideam.gov.co
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2017). Definición de albedo. *Definición de*. Obtenido de <https://definicion.de/albedo/>
- Salvati, A., Roura, C., & Cecere, C. (2016). Predicción isla urbana de calor en el contexto Mediterraneo. *Architecture City and Environment*, XI(32), 135-156.
- Sen, S., Roesler, J., & King, D. (2018). Albedo estimation of finite-sized concrete specimens. *American Society for Testing and Materials*, 47(2). doi:10.1520/JTE20170059
- Voogt, J. A. (2008). *Islas de calor en zonas urbanas: ciudades más calientes*. Obtenido de <https://castorluxerias.blogspot.com>

Sobre los autores

- **Liliana Carolina Hernández García**, liliana-hernandez@unipiloto.edu.co. Ingeniera Civil Especialista en Diseño y construcción de Vías y Aeropistas. Docente TC Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena
- **Daniela Esther Torres Convers**, daniela-torres@upc.edu.co. Estudiante de VIII Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia. Seccional del Alto Magdalena
- **Johann Harvey Soto Barra**, johann-sotol@upc.edu.co. Estudiante de VIII Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia. Seccional del Alto Magdalena

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)