

ISSN: 2588-0829

# INGENIO

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

Vol. I, N° I, 2018



Universidad Central del Ecuador

ISSN: 2588-0829

# INGENIO

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

Vol. I, Nº 1, 2018



Universidad Central del Ecuador

**Autoridades:**

Dr. Fernando Sempértegui Ontaneda, PhD.  
Rector de la Universidad Central del Ecuador

Ing. Cecilia Flores Villalva, MSc.  
Decana Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

Ing. César Morales Mejía, MSc.  
Subdecana Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

**Consejo Editorial:**

Ing. Cecilia Flores Villalva, MSc. Directora  
Ing. César Morales Mejía, MSc. Editor  
Ing. Mauricio Basabe Moreno, PhD.  
Ing. Rodrigo Herrera Heredia, MSc.  
Ing. Salomón Jaya Quezada, MSc.  
Ing. José Augusto Rosero, PhD.  
Ing. Gonzalo Sandoval, MSc.  
Ing. Paulina Viera Arroba, MSc.

**Consejo Asesor y Evaluador:**

Ing. Flavio Arroyo, MSc. Universidad Central del Ecuador  
Arq. Xavier Fuentes, MSc. Universidad Central del Ecuador  
Ing. Luis Felipe Borja, MSc. Universidad Central del Ecuador  
Ing. Gonzalo Sandoval, MSc. Universidad Central del Ecuador  
Ing. Abel Remache, MSc. Universidad Central del Ecuador  
Ing. Paulina Viera, MSc. Universidad Central del Ecuador

**Revista Ingenio:**

Fundada en 2017

Este número 1 estuvo bajo coordinación editorial del Ing. César Morales Mejía, MSc.

**Diseño Portada:**

Ing. Yuri García, MSc.

**Diagramación:**

Editorial Universitaria

**Foto Portada:**

Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática – UCE

**Impresión:**

Editorial Universitaria

Universidad Central del Ecuador

Correo electrónico: [vicedecanat.fing@uce.edu.ec](mailto:vicedecanat.fing@uce.edu.ec)

ISSN: 2588-0829

## INDICE

Resultados de la implementación de registros médicos electrónicos (EMR) a nivel regional .....	5
<i>Albarracín Ricardo</i>	
Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación.....	15
<i>Cabrera, María Inés</i>	
Comercio electrónico global y colaboración e innovación en Procter & Gamble .....	31
<i>Lasluisa Morales Richard Guillermo</i>	
Análisis de las ventajas y desventajas de las técnicas no convencionales en la construcción de edificaciones frente a un evento sísmico .....	53
<i>Fernández José</i>	
Aseguramiento de flujo en el transporte de petróleo pesado – disminución de caudal .....	73
<i>Zambrano Armijos Mónica Alexandra</i>	
Normas para publicar en la revista Ingenio.....	79



# Resultados de la implementación de registros médicos electrónicos (EMR) a nivel regional

Albarracín Ricardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Instituto de Investigación y Posgrado, Quito, Ecuador  
e-mail: ralbarracin@ups.edu.ec

Información del artículo

Recibido: Junio 2015 — Aceptado: Agosto 2015

## Resumen

Los sistemas de información en salud (SIS) han sido implementados desde hace varias décadas en distintos países, no solo en los desarrollados, sino también en países de América Latina. En el Ecuador se está utilizando estos sistemas en pocos centros de salud y hospitales, principalmente por la complejidad y el alto costo que representa su desarrollo y mantenimiento. En la mayoría de hospitales y centros médicos de salud del país, será necesario invertir una cantidad considerable de recursos económicos para contar con la infraestructura tecnológica adecuada que permita implementar los sistemas de registros médicos electrónicos (EMR). Además de la falta de infraestructura en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los hospitales, surgen otros problemas, sobre la calidad de la información, la estandarización y el riesgo que implica que la información sanitaria de los pacientes sea accedida por usuarios no autorizados. En este artículo se investiga los sistemas EMR implementados en otros países, especialmente de América Latina, identificando los casos de éxito y los principales beneficios de su aplicación. Finalmente, en el caso de Ecuador se presenta algunos datos del sistema “Si Salud” que ha sido implementado como plan piloto en algunas instituciones de salud, pertenecientes al Ministerio de Salud Pública (MSP), para terminar con una comparación entre las historias clínicas electrónicas (HCE) y las historias clínicas en papel, recalando que para desarrollar un SIS es necesario contar con normativas y estándares a nivel nacional para lograr la interoperabilidad de los sistemas informáticos relacionados con el sistema de salud.

**Palabras clave:** sistemas de información en salud (SIS), historia clínica electrónica (HCE), servicios de salud, estándares para interoperabilidad de sistemas.

## Abstract

Health Information Systems (HIS) had been implemented for decades in many countries, not only in developed countries but also in Latin America. Few health centers and hospitals are using this kind of systems in Ecuador, because of the complexity and the high cost that represents the development and maintenance of the system. The majority of hospitals and health centers of the country, know that it will be necessary to invest a big and considerable amount of economic resources to count with the right technologic infrastructure to implement electronic medical record systems. There are many problems to get a system of information besides the lack of infrastructure in Information Technology and Communication (ICT) in hospitals. These problems involve the quality of information, standardization and the risk of the patient health information would be accessed by unauthorized users. This paper investigates implemented electronic medical record (EMR) systems in other countries, especially in Latin America identifying the success cases and mainly benefits of its implementation. Finally, Ecuador's case presents some information of the system “Si Salud” which had been implemented as a pilot program in many health institutions belonging to the Ministry of Public Health (MHP). As a conclusion I want to make a comparison between electronic health record (HER), and health records that are organized and saved by paper files. It is very important and necessary to know the international normative and standards to get the interoperability of technician systems related to health.

**Keywords:** health information systems (HIS), electronic health record (HER), health services, standards of systems interoperability.

## Introducción

Los sistemas de información son utilizados en todos los ámbitos de la sociedad. En el campo de la salud los primeros sistemas en informatizarse fueron los que apoyaban los procesos administrativos, pero no mejoraron la gestión clínica significativamente. Actualmente se cuenta con sistemas de salud en todas sus áreas, siendo de vital importancia la información clínica que permite que los datos personales y clínicos de los pacientes y las acciones de los médicos se almacenen en los sistemas de información.

En el desarrollo de los sistemas de información en salud (SIS) aparecen las historias clínicas electrónicas (HCE), que tienen beneficios significativos en comparación con las historias clínicas manejadas en papel. Las HCE han sido adoptadas a nivel mundial, especialmente por la seguridad y disponibilidad en el manejo de la información de los pacientes, y además porque mejoran la toma de decisiones por parte de los profesionales de la salud y organismos de salud pública de cada país [1].

Los SIS almacenan la información contenida en la historia clínica de un paciente y permiten guardar datos adicionales como: resultados de laboratorio, diagnósticos, exámenes radiológicos, prescripción de medicamentos, tratamientos y resultados de esos tratamientos. Por esta razón la cantidad de información relacionada a sistemas de salud creció significativamente, siendo necesario contar con mecanismos y herramientas, que permitan almacenar el gran volumen de información, así como también contar con software especializado para realizar búsquedas rápidas y eficientes por parte de los profesionales de la salud.

El presente documento sintetiza el desarrollo de los sistemas de **“Registros Médicos Electrónicos” (RME)** en los Estados Unidos, Europa y algunos países de América Latina. Se presentan los casos de éxito y los mecanismos o estrategias que utilizaron para mejorar los servicios de salud. En cuanto a las historias clínicas electrónicas (HCE), se indica su definición, su estructura y las principales ventajas con respecto a las historias clínicas en papel. Finalmente se describen algunos estándares, protocolos de comunicación, formatos de intercambio de datos y herramientas utilizados para lograr la interoperabilidad entre los sistemas.

## Materiales y metodología

Se realizó una investigación preliminar acerca de los sistemas de información de salud desarrollados en varios países, se revisó artículos académicos que trataban sobre las políticas, estrategias, componentes y estándares de un sistema de información en salud, que fueron utilizados para el desarrollo de estos sistemas en Estados Unidos, Europa y algunos países de Latinoamérica. Con la información recopilada se procedió a elaborar estrategias para analizar y seleccionar la información y contar con elementos que permitan comprobar la hipótesis. En la primera parte se identificó la idea predominante o mensaje principal que aborda el artículo. Con la idea principal se procedió a definir claramente qué se quiere que haga el documento, identificando el propósito a lograr y hacia cuáles lectores estaría enfocado el artículo. Para desarrollar el concepto fue necesario elaborar un relato, estructurando las ideas y reuniendo los datos que sustentan esas ideas, para finalmente escribir el esquema que muestra las ideas fundamentales y sus relaciones.

Para la generación de ideas se utilizó dos técnicas: los mapas mentales; y, la agrupación y síntesis. Los mapas mentales fueron utilizados para la primera etapa de reflexión, en cambio mediante la agrupación y síntesis se procedió a identificar los puntos fundamentales. Con estas dos técnicas se elaboró el esquema que permitió guiar la investigación y comprobar o rechazar la hipótesis.

Finalmente, con base en el esquema se realizó el diseño de la investigación, seleccionando múltiples fuentes de información, en las cuales se describía los sistemas de información en salud, las historias clínicas electrónicas, los estándares para la interoperabilidad de los sistemas y las diferentes categorías de estándares existentes para la transferencia de información entre los sistemas.

### A. Sistemas de registros médicos electrónicos, EMR

Un nuevo sistema de información en la mayoría de los casos afecta a los procesos de negocio de una empresa, por lo que se debe analizar en qué medida afectará en el giro del negocio. Un nuevo sistema no solo es hardware y software, sino que involucra un cambio organizacional y administrativo en las empresas e incidirá en la forma como las personas realizan sus trabajos [2]. El desarrollo de los sistemas EMR es comple-

jo, difícil de mantener a largo plazo y con costos relativamente altos.

*B. Antecedentes*

Los sistemas EMR han sido desarrollados por varios países del mundo, para mejorar los servicios de salud a sus pacientes, pero en la mayoría de los casos no han cumplido con las expectativas que tenían antes de su implementación. La falta de estándares ha sido una de las principales causas, para que al poco tiempo dejen de ser utilizados en centros de salud y hospitales. La salud de los habitantes de América Latina ha experimentado mejoras durante las últimas décadas. Sin embargo, hay algunas metas que todavía no se han alcanzado, hay grandes retos tanto con las enfermedades transmisibles como con las no transmisibles. Por ejemplo, ha habido un incremento en las enfermedades no transmisibles como la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer.

Los recursos humanos, la infraestructura insuficiente y las grandes diferencias geográficas y culturales aumentan la complejidad de la situación en la Región. La disponibilidad de servicios de salud y de información relacionada con la salud varía mucho entre comunidades, zonas geográficas y países, obstaculizando el acceso universal a servicios de salud y disminuyendo la calidad de la atención. Estas diferencias se deben a barreras geográficas, procesos y decisiones políticas. La difusión y adopción de las tecnologías de la información y comunicación, ofrecen la posibilidad de establecer condiciones de igualdad, al disminuir algunas de las barreras y propiciar un intercambio de información. La manera de lograr condiciones de igualdad y permitir el acceso universal a servicios de salud es mediante el aumento de la inversión en servicios de salud con respecto al Producto Interno Bruto (PIB). La figura 1 muestra las cifras de inversión del Ecuador en servicios de salud. Si bien las cifras de inversión se han incrementado año tras año, no se conoce estadísticas de los valores económicos invertidos en sistemas de información en salud y las mejoras en los servicios de salud producidos por estos incrementos.

La inversión del gobierno en el sistema de registros médicos electrónicos, implementado a inicios del 2011 en el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo (HEEE) de la ciudad de Quito no se conoce, y tampoco las razones por las que al poco tiempo de haber sido instalado, se haya dejado de utilizarlo. Se terminó el contrato con la

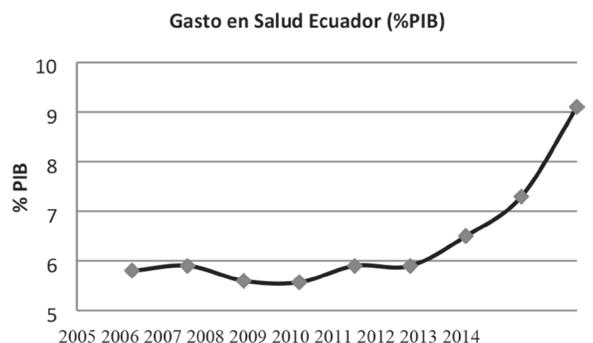
empresa desarrolladora y el hospital pasó a utilizar nuevamente las historias clínicas en papel hasta la actualidad, ocasionando demoras significativas en la atención de los pacientes en los servicios de salud.

El desarrollo de los sistemas de información en salud, en los países de la Región de las Américas está en sus inicios, son en su mayoría aislados y utilizan tecnologías obsoletas con funcionalidades limitadas. Al final los profesionales de la salud no pueden acceder a la información almacenada en estos sistemas, ni tampoco tomar decisiones acertadas y a tiempo.

Para evitar estos problemas, al desarrollar un nuevo SIS se necesita [3]:

- Contar con marcos regulatorios.
- Un buen nivel de estandarización.
- Compatibilidad entre los sistemas.
- Una buena estrategia de formación de recursos humanos.
- Infraestructura tecnológica.
- Selección de equipos de trabajo multidisciplinario.
- Personal capacitado en sistemas de información en salud.

Antes de desarrollar un nuevo sistema de información en salud, se debe contar con los objetivos del sistema nacional de salud, los cuales se alcanzan abriendo diálogos y espacios de discusión entre gobierno, universidades y sistemas de provisión de salud. Como resultado de los diálogos se deberá tener la definición del sistema de salud, su estructura, objetivos nacionales y definir prioridades. La incorporación de las TIC a los sistemas de salud ayuda a cumplir con los objetivos y además brinda las facilidades para el acceso a las personas a una atención oportuna y de calidad [4].



**Figura 1.** Inversión en salud con respecto al PIB. Fuente: Banco Mundial.

Hay países con sistemas universales de salud en donde el paciente es el beneficiario, al contar con mejores servicios de salud y sin tener que pagar altos costos por su atención. En estos países los gobiernos son los encargados de regular, facilitar o proveer los componentes de un SIS, a la vez que son los llamados a cumplir las siguientes actividades para la planificación y gestión de los recursos del sistema:

- Definición y reglamentación de leyes.
- Regulación del sector de la salud.
- Financiamiento del sistema con recursos públicos
- La contratación de servicios en redes públicas y/o público-privadas.
- Provisión directa de servicios a través de redes públicas y universitarias.

Los países de la región y del mundo, en la mayoría de los casos han utilizado las estrategias *top-down*, *bottom-up* y *middle-out*, para la planificación de los sistemas de información en salud [5]. En la primera estrategia los gobiernos imponen para toda la nación el sistema de información que los profesionales de la salud y las instituciones deben usar. En la estrategia *bottom-up*, en cambio, cada institución de salud decide en forma libre y autónoma el sistema a utilizar, siempre y cuando cumpla con la reglamentación y leyes de cada país. Finalmente, la tercera estrategia es la que más se ajusta a las necesidades de los profesionales de la salud, la industria de las TIC y el gobierno; en esta estrategia se deben llegar a acuerdos para el desarrollo de objetivos comunes, desarrollo de estándares, y soporte a las implementaciones que beneficien a todos, el gobierno toma un papel de liderazgo como sucedió en Australia que dirigió sus inversiones al establecimiento de normas a escala nacional, mucho antes de contemplar el desarrollo o la compra de cualquier sistema. Esta estrategia enriquece la capacidad para compartir información y brindar datos de mayor calidad.

Una manera eficiente de construir sistemas informáticos para el área de la salud, es mediante la utilización de estándares y herramientas de software que permitan intercambiar información entre los diferentes sistemas, así como se realizó en la implementación del proyecto EHRG [6] en Uruguay. Una herramienta de software para la creación de sistemas de HCE que buscó solucionar la mayoría de problemas y riesgos pre-

sentados en la construcción y mantenimiento de software para el área clínica. El uso de estos estándares y herramientas lograron que exista una mejor comunicación entre los profesionales de la salud e informáticos, mayor rapidez en la implementación de cambios, mantenimiento de la HCE a largo plazo y reducir los costos en tiempo y recursos humanos.

En Suecia, los ciudadanos cuentan con acceso universal a los servicios de salud, y las personas pueden acudir a las instituciones de salud públicas o privadas, sin importar sus ingresos. En cambio en Francia los habitantes pueden ir al médico privado, y luego la Seguridad Social reembolsa el valor de la consulta. En España solo los funcionarios públicos pueden escoger entre un servicio de salud privado o público [7].

En la Región de las Américas, existen varias estrategias y planes de acción, con el fin de lograr que más sectores de la población de los países miembros, tengan acceso a servicios de salud de calidad, con la ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación. El acceso a las TIC no es universal, y muchos países y poblaciones de la región disponen de manera desigual de estas herramientas [3]. El propósito es contribuir al desarrollo sostenible de los sistemas de salud de sus estados miembros y con su adopción se busca mejorar el acceso a los servicios de salud y su calidad, gracias a la utilización de las tecnologías de la información y comunicación. La implementación está apoyada por la Organización Panamericana de la salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), quienes a través de normativas regionales y nacionales impulsan para que los países de la región cuenten con registros médicos electrónicos, servicios de telesalud, mSalud (dispositivos móviles) y educación en TIC, para disminuir la brecha tecnológica bajo el concepto de “alfabetización digital” [8].

Si bien todos los países, sin excepción, tienen grandes avances en la implementación de tecnologías de información en salud, los países con los que la OPS ha venido avanzando en estrategias nacionales de eSalud son: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, Jamaica, México, Panamá, Paraguay, Perú y Trinidad y Tobago.

En diciembre de 2013, la empresa Health Digital Systems (HDS) comenzó el trabajo de dimensionamiento para el proyecto “Solución

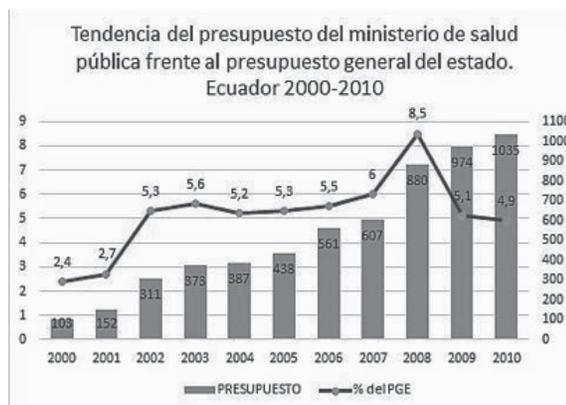
Informática para la Gestión Integral en Salud” (SIGIS) impulsado por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, que tiene como objetivo fundamental contar con la capacidad de administrar el Sistema de Salud de Ecuador en su totalidad, a nivel clínico, administrativo, financiero y de regulación. El alcance de esta propuesta incluye análisis de información en salud, apoyo a la atención médica a través del Expediente Clínico Electrónico y Administración de la Red de Servicios. El contrato incluye la suite “Dendritas” diseñada específicamente para Redes Integradas de Salud, lo que implica la implantación del Expediente Médico Administrativo (EMA).

Desde el año 2013 se implementó el proyecto “SIGIS” en 116 instituciones de salud. Este sistema facilita a los médicos ecuatorianos obtener datos en tiempo real (historias clínicas a nivel nacional) con el fin de mejorar la calidad en la atención y tomar decisiones basadas en un monitoreo de resultados sanitarios [9]. Se espera que hasta finales del 2016 se implemente en 151 centros, distribuidos a nivel nacional.

Como parte de la instalación del sistema, se ha equipado con infraestructura informática las distintas unidades de salud, con el fin de lograr que todos los funcionarios cuenten con una computadora y tengan acceso al nuevo sistema. También se ha equipado a los hospitales y centros de salud con equipos para conectividad WiFi, dotación de internet, puntos de red, cableado estructurado, lo cual ha facilitado el acceso a los registros médicos de los pacientes desde cualquier lugar y a cualquier hora [10].

La empresa pública Yachay firmó un acuerdo de entendimiento con la empresa mexicana Health Digital Systems, para implementar una casa de software y un centro de investigación y desarrollo en la ciudad del conocimiento Yachay. Esta casa de generación de conocimiento y de la industria del software pondrá énfasis en los sistemas de administración de la salud, para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos.

El presupuesto del Ministerio de Salud Pública (MSP) con respecto al Presupuesto General del Estado (PGE), se ha incrementado como se presenta en la figura 2. Si bien la ley proclama la cobertura universal de salud, en los hechos existe una limitada cobertura real con servicios cuya calidad no es la óptima.



**Figura 2.** Tendencia del presupuesto para el Ministerio de Salud Pública con respecto al PGE.

**Fuente:** MSP. Presupuesto del Estado, años 2000-2010.

La cobertura de salud de las instituciones públicas y privadas cubre aproximadamente al 79% de la población. Así, el IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) atiende al 20% de la población, el ISSFA (Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas del Ecuador) y el ISSPOL (Instituto de Seguridad Social de la Policía Nacional) cubren a poco más del 5% de la población. El MSP a alrededor del 35% de la población ecuatoriana. Los seguros privados y empresas de medicina prepagada al 10% de la población, perteneciente a estratos de ingresos medios y altos; la Junta de Beneficencia y SOLCA (Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador) atienden a alrededor del 5% de la población. En la figura 3, se muestran estas cifras, que representan la cobertura de los servicios de salud en el Ecuador. Las instituciones con mayor cobertura son el MSP y el IESS, ya que entre las dos dan cobertura a cerca del 55% de la población ecuatoriana.

### C. Componentes para la planificación estratégica de un sistema de información en salud

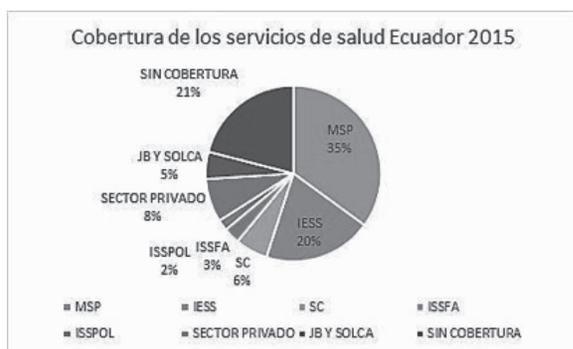
Los componentes dependen de cada sistema de información y la estrategia se basa en los objetivos del sistema de salud de cada país. Los países que han tenido éxito en el desarrollo de sistemas de información en salud, han utilizado los siguientes componentes: gobierno y gestión de los servicios de las TIC; planificación y gestión de proyectos; adecuado manejo del cambio; recurso humano especializado; manejo de infraestructura; interoperabilidad y estándares claros; registro médico electrónico; servicios terminológicos; se-

guridad de la información en salud y soporte para la toma de decisiones [3].

Existen experiencias exitosas de creación de sistemas de información en salud en la región. Entre los principales se tiene: Sistema de Información de la Red Asistencial (SIDRA) en Chile; Proyecto Itálica del Hospital Italiano de Buenos Aires Argentina; la Agencia AGESIC en Uruguay y la Propuesta de un conjunto de estándares y el marco legal necesario en Brasil.

#### D. Historia Clínica Electrónica

La historia clínica es un documento que cada vez que un paciente acude a una institución de salud, pública o privada, debe ser llenado por un profesional de la salud. Su información básica consta de los datos personales y clínicos del paciente. Disponer de registros médicos en forma electrónica puede facilitar el acceso a la información, la comunicación y la adopción de medidas que ayuden a mejorar la calidad de la salud y la seguridad de los pacientes [11]. Impulsar el uso del **“Registro Electrónico de Salud” (RES)** y capacitar e informar a toda la población sobre la importancia del cuidado apropiado de la información clínica es imperativo. La OPS fomenta el desarrollo de sistemas locales, a través de la capacitación y equipamiento a gobiernos y organizaciones no gubernamentales.



**Figura 3.** Cobertura de los sistemas de salud en Ecuador.

**Fuente:** Sistema de salud de Ecuador, 2015.

Contar con políticas nacionales claras sobre estándares de salud es un primer paso que deben dar los gobiernos, antes de implementar cualquier sistema de información en salud. Con el establecimiento de políticas y normas nacionales se logrará intercambiar información entre insti-

tuciones para obtener el máximo beneficio de los registros. Los registros electrónicos son la puerta principal de entrada de datos al sistema de información por parte de los profesionales de la salud. La historia clínica, está formada por documentos, tanto escritos como gráficos que contienen información de salud y enfermedades de una persona.

En el Ecuador y en muchos países, la historia clínica todavía se maneja en papel por los profesionales de la salud, con todas las limitaciones y riesgos que esto trae. En los últimos años se ha promovido el uso del RES como una manera de disminuir los riesgos y desventajas del uso del papel.

Existen muchas ventajas de utilizar las historias clínicas electrónicas, entre las más relevantes se tiene: la disponibilidad, la legibilidad, el almacenamiento, la calidad de la información, la durabilidad y la seguridad de la información almacenada. Hay muchos términos que se utilizan para referirse a la historia clínica electrónica, tales como: registro electrónico de salud, registro médico computarizado, ficha clínica electrónica. Así como existen muchos términos también hay varias definiciones, pero la que ha sido acogida por la gran mayoría es la propuesta por la IEEE que la define como: “Registro de datos de salud propios de un sujeto humano, en formato digital y que incluye el estado de la salud en distintos momentos de la vida y las acciones que se desarrollan para determinarlo y/o modificarlo”.

También los RES permiten la integración con otros componentes del sistema de información en salud, como resultados de laboratorio o de imágenes. Los RES tienen muchas funcionalidades de acuerdo a un informe del Instituto de Medicina de los Estados Unidos (IOM), siendo las áreas funcionales claves las siguientes:

- Gestión de la información.
- Manejo de resultados.
- Manejo de órdenes médicas.
- Sistemas que ayudan a una mejor toma de decisiones.
- Ayuda o soporte a los pacientes.
- Integración con sistemas administrativos.
- Posibilidad de generar informes de salud pública.

El estándar ISO 18308 sobre RES [12], también lista una serie de requerimientos de arquitectura en línea con las áreas funcionales descritas por el IOM:

- La inclusión de información en texto libre.
- La búsqueda en datos no estructurados (textual y no textual).
- La inclusión de texto estructurado dentro de esos datos.
- Posibilidad de inclusión de comentarios dentro de la información almacenada, lo que permite al médico calificar la información adecuadamente.

Actualmente una persona puede tener muchas historias clínicas, dependiendo del número de establecimientos sanitarios a los cuales ha acudido. Si un paciente se acerca a un hospital y no tiene abierto una historia clínica o su historia se ha extraviado, el médico abre una nueva historia clínica. Una persona puede llegar a tener varias historias clínicas dependiendo del número de establecimientos de salud visitados a lo largo de toda su vida.

La historia clínica electrónica, elimina la repetición de historias de un mismo paciente. Según la International Organization for Standardization (ISO), una HCE es “un repositorio de datos de un paciente en un formato digital, almacenados de una manera segura y accesible a usuarios autorizados” [13]. Una HCE almacena y organiza la información del paciente de una forma diferente y gracias a las TIC permite acceder a la información desde cualquier lugar, en cualquier momento, por parte de los profesionales de la salud. En el Ecuador ya se cuenta con HCE, en establecimientos de salud privados y en varios hospitales y centros de salud pertenecientes al Ministerio de Salud Pública.

La estructura de las HCE ha variado con el tiempo, anteriormente se utilizaba HCE orientadas al tiempo, orientadas a los problemas y orientadas a la fuente de información. Hoy en día las HCE combinan los tres elementos [14].

Las historias clínicas digitales se implementaron desde enero de 2016 en el Hospital “San Vicente de Paúl” de la ciudad de Ibarra, y como parte de esta implementación los profesionales de la salud están recibiendo cursos de capacitación dictados por funcionarios del Health Digital System (HDS), representante del sistema “Si Salud” en el Ecuador. La inversión contratada con la empresa para la implementación de este sistema de información en salud a nivel nacional asciende a USD 19.700.000. A este valor hay que añadir la compra de equipos y herramientas de comunicación tecnológica [15].

### *E. Situación actual y perspectivas de la historia clínica electrónica*

En Europa se obtuvieron buenos resultados al utilizar las HCE. En la comunidad de Madrid se utilizó las historias clínicas electrónicas para la vigilancia de la gripe pandémica (H1N1) durante el 2009 y el 2010, al contar con información muy útil para el seguimiento de la evolución de la pandemia y la toma de decisiones a tiempo [16].

La evaluación y certificación de los RES es un problema debido a que no existe reglamentación clara en los países, excepto en Brasil. En algunos países existen entes certificadores, que deben ser aplicados en los sistemas de salud para poder contar con la certificación del software utilizado.

A pesar de las ventajas claramente documentadas en varios países, se presentan algunos riesgos o problemas que pueden ser evitados al monitorear los procesos de implementación de los RES.

Existen experiencias exitosas de implementación de los RES en varios países de la región:

- Proyecto Itálica del Hospital Italiano de Buenos Aires (HIBA) en Argentina.
- Federación Médica del Interior (FEMI) en Uruguay.
- Megasalud en Chile.
- Clínica Alemana en Chile.
- Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología en Colombia.

### *F. Estándares para la Interoperabilidad*

La falta de acuerdos sobre estándares, evita el intercambio de información entre los sistemas electrónicos y administrativos que posee una institución de salud. Acuerdos en modelos de información, protocolos de comunicación y formatos de intercambio de datos, se requiere para tener sistemas de información interoperables dentro de un sistema de salud, para lograr mejoras en la calidad asistencial.

Es necesario llegar a acuerdos regionales y nacionales para el desarrollo de estándares, sin descuidar los objetivos del sistema de salud. Actualmente varias organizaciones de salud poseen diferentes tipos de registros electrónicos, ya sea clínicos o administrativos, en donde los datos clínicos del paciente son el corazón del sistema de información. Es importante tener estándares que faciliten la interoperabilidad.

La interoperabilidad es la “habilidad o capacidad de dos o más sistemas para intercambiar información y utilizarla”.

Es recomendable implementar estándares como:

- Health Level Seven (HL7)
- Digital Imaging on Communication in Medicine (DICOM)
- Organización Internacional de Normalización 13606 (ISO 13606)
- Continuity of Care Record (CCR)
- OpenEHR.

### *G. Tipos de interoperabilidad*

Existen diferentes niveles de interoperabilidad [17]. En primer lugar, desde el punto de vista de la lógica de sistemas se cuenta con la interoperabilidad sintáctica, la interoperabilidad semántica y la interoperabilidad de negocios u organizativa. Desde el punto de vista de la arquitectura de sistemas se puede clasificar en nivel 1, en el cual cada sistema individual debe cumplir con un nivel básico de estandarización; el nivel 2 tiene que ver con las redes y la aplicación de estándares como protocolos de comunicación e interfaces, y finalmente el nivel 3 se encarga de la infraestructura de información y servicios para la interconexión de redes.

### *H. Categorías de estándares de Interoperabilidad*

Dependiendo del tipo de información que se quiera intercambiar existen diferentes categorías de estándares que han sido utilizados en varios países, para lograr la interoperabilidad de los sistemas. Para el intercambio de datos y mensajería se utilizan los estándares: HL7, DICOM e IEEE. Para el manejo de la terminología se cuenta con: Systematized Nomenclature of Medicine (SNOMED), para términos clínicos; Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC), para resultados de laboratorio; Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) para enfermedades y causas de muerte; Clasificación Internacional de Atención Primaria (CIAP). Para manejo de documentos se tiene: Clinical Document Architecture (CDA); American Section of the International Association for Testing Materials International (ASTM); Continuity of Care Record (CCR); y CCD estándar de documentos creados en colaboración entre HL7 y ASTM.

Para el caso de las aplicaciones se puede mencionar: Clinical Context Object Workgroup (CCOW), para el login único para varias aplicaciones. A nivel conceptual se tiene los siguientes estándares: Modelo de Información de Referencia (RIM); Modelo Funcional del Instituto of Medicine (IOM); Modelo Funcional HL7 y Modelo de OpenEHR. Y finalmente en la categoría de arquitectura se han desarrollado los siguientes estándares: Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y el Sistema de Registro Electrónico Nacional de Enfermedades.

Dentro de las barreras para lograr la interoperabilidad se encuentran la complejidad técnica y los aspectos políticos que dificultan el desarrollo tecnológico.

## **Resultados y discusión**

Las estrategias utilizadas para el desarrollo de los sistemas de información en salud, en los países de la región de las Américas no son las adecuadas, ya que por una parte el sector público implementa sistemas de salud para sus centros y hospitales a través de la contratación pública, con empresas desarrolladoras de software clínico y con recursos del Presupuesto General del Estado, mientras que las empresas privadas, entre ellas los consultorios médicos, las clínicas privadas y los hospitales de este sector, desarrollan sistemas informatizados de salud con sus propios recursos y sin un mayor acatamiento de las normas y reglamentos existentes a nivel país.

Al final se tiene dos sectores aislados y con sus propios sistemas de información en salud, que serán muy difíciles de integrar en una única solución informática para la gestión integral en salud. No usar estándares para la interoperabilidad de los sistemas, es el principal error cometido por los países de la región, en el desarrollo de los sistemas de registros médicos electrónicos. Una solución para la integración de los sistemas de información en salud de las instituciones públicas y privadas, sería a través del uso de servicios web basados en XML, a través de una arquitectura orientada a servicios (SOA), para lo cual sería conveniente que cada institución en primer lugar comience a crear ambientes SOA.

## **Conclusiones**

Los sistemas informáticos de salud mejoran los servicios de salud de los ciudadanos, al contar

con herramientas para que los profesionales de la salud puedan acceder a la información clínica y personal de los pacientes desde cualquier lugar, a cualquier hora y con la facilidad de acceso desde múltiples dispositivos electrónicos.

Las historias clínicas electrónicas tienen grandes beneficios si se las compara con las historias clínicas en papel, principalmente en el acceso, la disponibilidad de la información, la legibilidad, la seguridad y la integración con otros componentes del sistema de información. Países que al desarrollar sistemas de información en salud identificaron en primer lugar los objetivos del sistema nacional de salud, llegaron a acuerdos en cuanto a estándares,

formatos, protocolos de comunicación, tuvieron gran éxito y en la actualidad cuentan con un sistema universal de salud, que brinda atención de calidad y de manera oportuna a todos los habitantes, sin importar sus ingresos económicos.

El desarrollo de sistemas de información en salud utilizando servicios web basados en XML y a través de una arquitectura orientada a servicios a menudo es una solución prometedora para los problemas de integración, permitiendo reutilizar aplicaciones existentes y usando una tecnología fundamental para dominar y manejar la complejidad y heterogeneidad de los sistemas de información en salud.

## Bibliografía

- [1] Luna, D., Soriano, E., & de Quirós, F. G. B. (2007). Historia clínica electrónica. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*, 27(2).
- [2] Laudon C., Laudon P. (2012). *Creación de sistemas de información. Sistemas de información gerencial* (pp. 489-490). México: Pearson
- [3] Organización Panamericana de la Salud. (2014). *Conversaciones sobre eSalud: Gestión de información, diálogos e intercambio de conocimientos para acercarnos al acceso universal a la salud*.
- [4] Carnicero, J., & Fernández, A. (2012). *Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud*.
- [5] Coiera, E. (2009). Building a national health IT system from the middle out. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 16(3), 271-273.
- [6] Pazos, P. (2012). *Ehrgen: Generador de sistemas normalizados de historia clínica electrónica basados en openehr*. En 3er Congreso Argentino de Informática y Salud.
- [7] P. I. Juárez (2015, febrero). "Sanidad de acceso universal, pública o privada: En Suecia lo hicieron".
- [8] D Agostino, M. (2015). Estrategias de salud electrónica en la región de las Américas: situación actual y perspectivas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(2), 352-355.
- [9] C. A. Corral, (2016, enero). "Proyecto SI salud se implementara en el HDTC".
- [10] K. Morejón, (2014, noviembre). "Proyecto Si Salud se implementa en el norte del país", disponible en <http://www.elciudadano.gob.ec/proyecto-si-salud-seimplementa-en-el-norte-del-pais/>
- [11] Otero, P. (2011). Beneficios y riesgos relacionados con el uso de la historia clínica electrónica. *Archivos argentinos de pediatría*, 109(6), 476-477.
- [12] ISO 18308: 2011 – Health informatics – Requirements for an electronic health record architecture [Internet]. Disponible en: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=52823](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52823)
- [13] Rojas Mezarina, L., Medina, C., Alicia, C., & Vargas Herrera, J. (2015). Registro nacional de historias clínicas electrónicas en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 32(2), 395-396.
- [14] ISO/DTR 20514, (2004) Health Informatics – Electronic Health Record – Definition, Scope, and Context.
- [15] M. Rodríguez, (2015, noviembre). "Nueva era digital para hospital San Vicente de Paúl", disponible en <http://hsvp.gob.ec/index.php/component/k2/item/72-nuevaera-digital-para-hospital-san-vicente-de-paul>

- [16] Esteban-Vasallo, M. D., Domínguez-Berjón, M., Génova Maleras, R., Blanco Ancos, L. M., Astray Mochales, J., Lópaz Pérez, M., & Aragon Peña, A. (2010). Vigilancia diaria de la gripe pandémica (H1N1) 2009 mediante registros de la historia clínica electrónica de atención primaria en la comunidad de Madrid. *Revista española de salud pública*, 84(5), 657663.
- [17] Indarte, S., & Pazos Gutiérrez, P. (2011). *Estándares e interoperabilidad en salud electrónica: requisitos para una gestión sanitaria efectiva y eficiente*.
- [18] Barker, A., Manji, F., Charlton, J., *Escribir para el cambio*, disponible en: <http://www.fahamu.org/WFCSpanish/sitemap.html>
- [19] Perú, Congreso de la República. Ley N° 1243. Ley que crea el Registro Nacional de Historias Clínicas Electrónicas. Lima: Congreso de la República, 2013.

# Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación

---

Cabrera, María Inés<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Posgrado, Quito, Ecuador<sup>1</sup>  
e-mail: micabrera@edesa.com.ec

Información del artículo

Recibido: Junio 2015 — Aceptado: Agosto 2015

---

## Resumen

En esta investigación se analizan las características de los concretos convencionales y de los especiales, principalmente los celulares y de alta resistencia, motivo de la investigación. Se valoran las formas de obtención y sus usos, así como las posibilidades de utilización en sectores estratégicos del Ecuador, tales como: salud, educación, vivienda, gas/petróleo y electricidad, a partir de sus principales propiedades mecánicas.

Se comprobaron las excelentes propiedades de los concretos especiales (alta resistencia y celulares) estudiados y se demuestran las posibilidades de utilización de los celulares en los sectores de salud, educación y vivienda, donde las instalaciones requieren propiedades mecánicas menos rigurosas que para los sectores de electricidad y gas/petróleo, que exigen en sus instalaciones el uso de concretos de alta resistencia, con valores de resistencia a la compresión mayores a 700 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** concretos, convencionales, celulares, alta resistencia.

## Abstract

In this paper the characteristics of conventional concrete and the specials concretes, mainly cellular and high strength are analyzed. The forms of production and their uses are valued, as well as the usability in Ecuador on strategic sectors such as health, education, housing, gas / oil and electricity, from its main mechanical properties.

The excellent properties of the studied special concrete (cellular and high strength) were tested and the potential use of cellular concrete in the sectors of health, education and housing, where installations require less demanding mechanical properties than the electricity and gas / oil sectors, which requires in their facilities the use of high-strength concrete, with values of compressive strength greater than 700 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Concrete, conventional, cellular, high-strength.

## Introducción

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, donde su variedad de densidad o peso volumétrico es bastante variable, con predominio de los concretos convencionales, que poseen alrededor de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, los altos pesos de los concretos limitan su uso práctico, sobre todo en la construcción de losas de entrepiso y azoteas, “ya que estas están diseñadas para soportar las cargas vivas (personas y mobiliario), las cuales se transmiten a las trabes, columnas y finalmente a la cimentación y al terreno” [1, p. 141].

La intensidad de la transformación de la materia prima, en la que se emplea grandes cantidades de agua y energía, tiene como objetivo fabricar productos de calidad, que se adecuen a las exigencias establecidas en las normativas, y que sean durables [2], es decir, que no se deterioren por la acción de fenómenos naturales, ambientales, o por el propio desgaste asociado a su uso sistemático.

El mercado mundial de cemento está en constante expansión, incluyendo al Ecuador, por tanto, para mejorar los niveles de desarrollo de nuestro país es importante avanzar en la aplicación de nuevos materiales de construcción, principalmente en las variedades de concretos, que respondan a las necesidades de las obras de infraestructura que se acometen actualmente.

En Ecuador no existe experiencia en el uso de concretos especiales, en sectores como educación, salud ni vivienda; mientras que los concretos de alta resistencia y celulares se han empleado con mayor frecuencia en obras hidroeléctricas, como los proyectos Coca Codo Sinclair y Toachi Pilatón, y en menor medida en las instalaciones del sector gas/petróleo, lo cual está relacionado, además, con la disminución de los precios del petróleo, que ha generado un significativo decaimiento de las inversiones en esta área de la economía ecuatoriana.

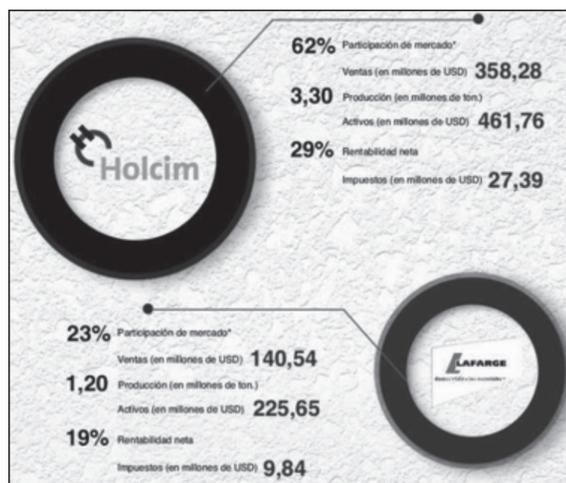
Partiendo de estos elementos, surge la necesidad de potenciar la utilización de concretos especiales, celulares y de alta resistencia, en sectores estratégicos como: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación en Ecuador.

## Marco teórico

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, donde su variedad de densidad o peso volumétrico es bastante variable, con predominio de “los concretos convencionales, que poseen alrededor de 2.350 kg/m<sup>3</sup>” [3, p. 141]. Sin embargo los altos pesos de los concretos limitan su uso práctico, sobre todo en la construcción de losas de entrepiso y azoteas, “ya que estas están diseñadas para soportar las cargas vivas (personas y mobiliario), las cuales se transmiten a las trabes, columnas y finalmente a la cimentación y al terreno” [4, p. 141].

### Cemento

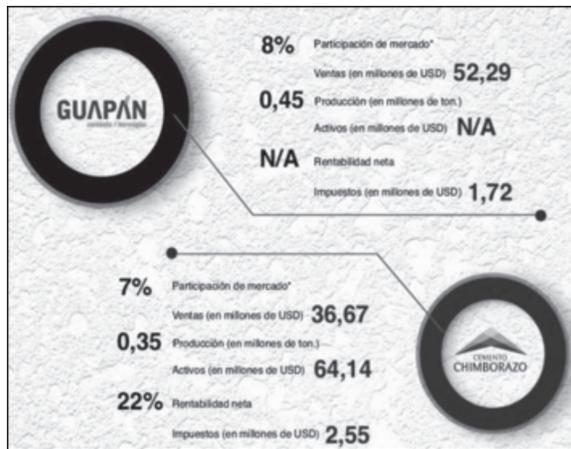
El cemento es la materia prima principal para la confección de concretos, y su base de fabricación durante miles de años ha estado conformada por “una mezcla de calizas y arcillas dosificadas en proporciones convenidas y molidas conjuntamente” [5, p. 2], para luego ser sometida a un “proceso de calcinación a una temperatura aproximada de 1.400°C, dentro de un horno rotatorio, lo que provoca la fusión parcial del material hasta la formación del producto, llamado clinker” [6, p. 16].



**Figura 1.** Empresas cementeras privadas de Ecuador.

Fuente: Ekos negocios

En Ecuador constituye la principal materia prima para la construcción, “una actividad que en los últimos cinco años se ha caracterizado por un crecimiento constante, 5,9% promedio” [7, p. 23].



**Figura 2.** Principales empresas públicas cementeras de Ecuador.

**Fuente:** Ekos negocios

La industria del cemento es una de las de mayor influencia en el desarrollo inmobiliario del país, como resultado de la canalización de recursos para financiar, principalmente, obras públicas y de vialidad, consideradas como uno de los mayores logros del gobierno. En este resultado han intervenido de forma significativa, las principales empresas cementeras del Ecuador, lideradas por las multinacionales privadas Holcim y Lafarge, con el 85% de participación en el mercado, como se aprecia en la figura 1.

Mientras que las cementeras públicas, Chimborazo y Guapán, tienen una participación promedio del 15%, en el mercado nacional, como se muestra en la figura 2.

### *El concreto*

El concreto es una “mezcla de cemento, con otros agregados gruesos y finos, con agua” [8, p. 4]. Su historia está asociada a la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección deseada por el hombre. Su utilización está vinculada con la aplicación de mayores esfuerzos en las edificaciones, satisfaciendo las necesidades de vivienda y erigiendo construcciones con elevados requerimientos específicos.

Esencialmente es una mezcla de cemento, arena, gravilla, agua y aditivos, capaces de endu-

recerse con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción [9, p. 9]. En estado fresco posee suficiente tiempo de manejabilidad y excelente coercividad en estado endurecido.

El uso del concreto en la construcción se ha incrementado, por su alta versatilidad, al adoptar diversas formas mediante el empleo adecuado de diferentes materiales, metálicos y no metálicos. Adaptándose a proyectos de distinta índole, desde una simple vivienda hasta la ejecución de estructuras de gran altura o proyectadas para soportar grandes cargas, debido a su alto peso volumétrico y a la necesidad de utilizar mezclas científicamente diseñadas para obtener concretos de alta resistencia.

Como resultado del gran desarrollo constructivo, en Ecuador existen diferentes empresas especializadas en la conformación de concretos, entre las cuales sobresalen las siguientes hormigoneras: Equinoccial, Quito, Holcim, Hormiconcretos, Del valle, Hormigoneira Concret, De los Andes, entre otras.

### *Tecnologías del concreto*

Múltiples investigaciones se han realizado, en los últimos años, con vistas a lograr concretos con valores de densidades acordes con las exigencias de las acciones constructivas, “que fluctúan como promedio entre 200 y 1.920 kg/m<sup>3</sup>, adecuados para rellenos de objetos de obra menos exigentes como pisos, muros, losas, etcétera” [4, p. 141]. Por otra parte, también se han desarrollado otros tipos de concretos, como los reforzados con fibras y los de alta resistencia, que contribuyen a controlar las grietas características del concreto, y aumentar la resistencia a la tensión y a la compresión; igualmente están los “concretos de altas resistencias estructurales empleados en prefabricados o colados en sitio; así como los concretos de altas resistencias permeables, que permiten el paso del agua al subsuelo, entre otros” [10, p. 10].

Las principales investigaciones realizadas a través de miles de años, “partieron de una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, que al agregársele agua, producía una pasta calcinada, que era molida y agitada hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo del actual cemento Portland y el concreto” [4, p. 142]. A partir de estos elementos constructivos el desarrollo de los materiales de construcción se ha mantenido aparejado al avance tecnológico de la sociedad mundial.

En Ecuador el consumo de concretos ha estado muy relacionado con la producción de cemento. Así, la producción a partir del año 2012 ha superado los 6,0 millones de toneladas anuales, con una comercialización mensual promedio superior a las 550.000 toneladas [11]. Este incremento sostenido tiene relación con las obras constructivas ejecutadas en el país, en los últimos diez años, que ha demandado un gran consumo de concretos de calidad, que normalmente “son preparados según las características de las normas que cada proyecto demande” [12, p. 4].

### *Concretos convencionales*

Los concretos convencionales son una mezcla de cemento, arena, gravilla, agua y aditivos, que “poseen la cualidad de endurecer con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción. En estado fresco posee suficiente tiempo de manejabilidad, y excelente cohesividad en estado endurecido” [13], considerando que la calidad durante su elaboración, “se desarrolla en un ambiente rigurosamente controlado, sin embargo, en las hormigoneras, esto no puede darse” [14, p. 311].

De forma general los concretos convencionales se caracterizan por presentar propiedades con valores promedio resumidos en “densidad entre 2.200 y 2.500 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión entre 100-500 kg/cm<sup>2</sup>, tiempos de fraguado variable, de alrededor de 2,5 horas promedio, resistencia a la tracción relativamente baja, generalmente despreciable en el cálculo global de la construcción” [4, p. 142].

En resumen, los concretos convencionales, poseen importantes propiedades superficiales (adhesivas y cohesivas) que permiten unir diferentes tipos de minerales en el interior de masa o mezcla, “que involucra a gran cantidad de materiales utilizados en la industria del cemento en el mundo” [15, p. 34].

### *Composición química*

La mezcla que habitualmente se realiza con cemento y agua forma un conglomerado cementante, donde se generan diferentes reacciones químicas, entre ellas el proceso de hidratación del cemento. “Estas reacciones se manifiestan primeramente por la rigidización paulatina de la mezcla, que culmina con su fraguado, seguido del endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto” [16, p. 34].

Aun cuando la hidratación del cemento es un fenómeno sumamente complejo, existen simplificaciones que permiten interpretar sus efectos en el concreto. Es por ello que “la composición química de un clinker Portland se define mediante la identificación de cuatro compuestos principales, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento Portland” [17]. De forma general los principales compuestos del cemento, son los siguientes:

Silicato tricálcico ( $3\text{CaO SiO}_2 \cdot \text{C}_3\text{S}$ )  
 Silicato dicálcico ( $2\text{CaO SiO}_2 \cdot \text{C}_2\text{S}$ )  
 Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{C}_3\text{A}$ )  
 Aluminoferrito tetracálcico ( $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{C}_4\text{AF}$ )

Como puede observarse, “la cal es uno de los componentes principales del cemento y actualmente sigue empleándose profusamente en la confección de los cementos a nivel mundial” [18, p. 3]. Sus características físico-químicas le atribuyen particularidades insustituibles a la conformación del cemento y los concretos, tanto convencionales como especiales.

### *Principales propiedades del concreto convencional*

Los diferentes tipos de concretos que existen en el mundo, poseen variadas propiedades físico-mecánicas que definen los usos industriales que estos tendrán en las distintas construcciones que a diario se ejecutan.

### *Densidad*

Esta es una de las principales propiedades de los concretos, la misma ha sido un problema cotidiano en el uso del concreto en la construcción, donde la carga muerta es un factor importante y el concreto de peso normal es muy pesado para ser utilizado de forma práctica, principalmente, en la construcción de losas de entrepiso y azoteas, “ya que están diseñadas para soportar cargas vivas, o sea personas y mobiliarios, que repercute en construcciones pesadas, vigas de gran peralte, columnas robustas y cimentaciones amplias o complejas, lo cual se traduce en un elevado costo de la obra” [4, p. 142].

Las losas de entrepiso se realizaban por medio de vigas y tablas de madera con muy bajo peso y apropiadas para esfuerzos de flexión, compresión

y cortante. Así, en muchos países de Europa y en Estados Unidos se usa con frecuencia la madera para la construcción de casas, a pesar de que la combustión y fácil propagación de fuego de la misma, constituyen un problema latente.

### *Resistencia a la compresión*

Esta propiedad se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascuales (MPa). Generalmente “los requerimientos para concretos convencionales pueden variar entre 17 MPa y 28 MPa, para estructuras comerciales, mientras que para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más” [19, p. 6]. Sin embargo, los llamados concretos especiales, poseen valores muy superiores, como analizaremos más adelante.

Para determinar la resistencia del concreto *in situ*, normalmente se utiliza la norma ASTM C31 [20], que formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Mientras que a través de la ASTM C39, se emplea el “método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto” [21].

Incluso se ha determinado “la relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la velocidad de los pulsos de ultrasonido” [22, p. 4], fundamentalmente para la verificación de la calidad del concreto, utilizado en obras, más no “para tomar decisiones estructurales de importancia en el proceso constructivo de una estructura [23, p. 6].

Por su parte, el “control de la calidad de la resistencia del concreto se realiza de forma sistemática, durante el proceso constructivo, tanto en la obra en ejecución, como en los laboratorios” [24, p. 9], lo que constituye una de las principales propiedades que impactan en la calidad de las edificaciones.

### *Tiempo de fraguado*

Es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el clinker que compone el cemento [25, p. 10]. En otras palabras, es la “condición alcanzada por un producto hormigonado que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, o sea, se refiere a una

rigidez significativa o deformación remanente luego de retirada la tensión” [26].

El tiempo de fraguado ocurre a través de las reacciones químicas entre el cemento y el agua, que evidentemente generan calor y dan origen a nuevos compuestos, “provocando el endurecimiento y aglutinación de la mezcla de concreto, adquiriendo cierta resistencia, proceso de suma importancia ya que permite alcanzar el acabado del concreto, normalmente este proceso ocurre entre dos y cuatro horas después del hormigonado” [25, p. 12].

### *Resistencia a la tracción*

Es una forma de comportamiento de “gran significado para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial en las estructuras hidráulicas y de pavimentación” [27, p. 57]. Sin embargo, esta propiedad mantiene su hegemonía como indicador de la calidad, principalmente, por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular importantes experiencias constructivas.

### *Usos*

El concreto convencional tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes, fundamentalmente, para cimentaciones, columnas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, entre otros usos.

Por los diseños constructivos de los locales destinados a educación, salud y vivienda, donde las “alturas y estructuras de las edificaciones deben cumplir determinadas normas, para los espacios interiores y exteriores, con pequeñas alturas”, que no exigen de concretos especiales [28, p. 125], es evidente el uso en estos sectores de los concretos convencionales, donde incluso la “altura en las edificaciones multifamiliares de cinco pisos no excede de 12 metros, promedio” [29, p. 47].

En la actualidad este es el concreto más utilizado, sin embargo, el mundo del concreto nos presenta otros como son los concretos celulares, y de altas resistencias estructurales. A pesar de la demostración práctica de estos productos en el ámbito profesional de la industria de la construcción en Ecuador, aún no está implementado su uso de forma generalizada. Es por ello que este estudio tiene como objetivo, evaluar y propiciar el conocimiento y divulgación de los resultados del uso de estos productos en ramas estratégicas.

### *Concretos especiales*

A continuación, se analizan las principales características de los concretos u hormigones especiales, que constituyen el objeto de estudio de esta investigación, utilizados con mayor frecuencia, por sus excelentes propiedades físico-mecánicas, en las construcciones de obras de sectores importantes como la electricidad, gas/petróleo. Mientras que los concretos convencionales son mucho más empleados en la fabricación de obras para vivienda, salud y educación.

#### *Concreto celular*

En la década de los años 60, como resultado del crecimiento de la industria de la construcción, surgió la necesidad de obtener productos livianos y que sean aislantes térmicos para su uso en losas y techos. Así, “en varios países europeos como Austria y Alemania, comenzó la fabricación de un mortero de cemento liviano con la adición de espumas, lo que constituyó el inicio de los morteros celulares” [4, p. 143]. Este tipo de producto se ha ido perfeccionando y su uso se ha generalizado a nivel mundial. Han pasado varias décadas desde que se crearon los primeros productos para abaratar los costos, que han contribuido a mejorar la calidad de las edificaciones. Sin embargo, en Ecuador no ha sido posible su desarrollo, ya que hasta el momento no existe en el país, una cultura de implementación de nuevos materiales.

#### *Composición y características*

El concreto celular es un producto cementante de **alta resistencia**, consistente en cemento, arena y otros materiales silíceos, elaborado mediante un proceso físico o químico al introducirse aire o gas a la mezcla [10], formándose micro burbujas en dicha mezcla. La espuma formada se mezcla con la lechada de arena/cemento/agua, comportándose igual que el concreto denso pesado ordinario. La diferencia se establece en la cantidad de aire, la cual es importante y “puede variar de 20 a 50% cuando se utiliza estructuralmente, pero puede llegar hasta 51 a 80% en concretos colados, usados para aislamiento térmico, de empaque o relleno” [4, p. 144].

Generalmente es definido como una mezcla con estructura homogénea de silicatos de calcio en granos finos, que contiene pequeñas burbujas de aire aisladas, también es conocido como “un material de peso de Alta Resistencia que puede

ser elaborado con o sin agregados, adicionando solo un gas o una espuma que reacciona químicamente, formado por poros de aire micro y macroscópicos, uniformemente distribuidos en la pasta de cemento” [10, p. 2]. Su estructura es esencial para determinar las propiedades físicas del material, como pequeño peso, conductividad térmica, resistencia al fuego, a la compresión y a la congelación. Una ilustración de este tipo de concreto se muestra en la figura 3.

Este tipo de producto es conveniente utilizar en la construcción de viviendas de interés social, por su comportamiento durante la construcción a base de elementos prefabricados o colados en el sitio [10, p. 4].

Este material de construcción es muy liviano y está destinado principalmente a obras gruesas, ya que debido a su condición aislante, supera los requerimientos de la normativa térmica, además de ser ecológico al utilizar materias primas naturales en su proceso productivo, de muy baja contaminación, ahorra energía de forma pasiva en las construcciones. Teniendo en cuenta estos elementos técnicos, para el caso de Ecuador, es recomendable el uso de este tipo de concreto en la construcción de viviendas, escuelas e instalaciones de salud, ya que las edificaciones no son de grandes alturas y no requieren de grandes esfuerzos.

Sin embargo, a pesar de que no es tradicional su empleo en grandes construcciones, es posible utilizarlo además en las edificaciones asociadas a las ramas de electricidad, principalmente, hidroeléctricas, considerando su baja densidad y altos valores de resistencia, cumpliendo siempre con las normas de arquitectura y urbanismo, que “garanticen niveles de funcionalidad, seguridad, estabilidad e higiene en espacios urbanos y edificaciones” [29].



**Figura 3.** Concreto celular o aireado

La propuesta de uso en los sectores de salud, educación y vivienda, está fundamentado en que mundialmente este producto es utilizado en este tipo de esferas económicas debido a sus cualidades, muy parecidas a la madera, ya que “es un producto con resistencia y solidez, un material liviano, de precisión dimensional, rapidez de construcción, eficiencia, economía, durabilidad, resistencia al fuego, aislamiento térmico, y preocupación por el medio ambiente tanto del producto como de su proceso de fabricación” [4, p. 147].

Las principales ventajas se refieren a una mayor simpleza en la instalación constructiva, siendo un producto limpio, fácil de manejar, dúctil y capaz de ser cortado fácilmente con serrucho de mano o sierra de huincha eléctrica, adicionalmente se puede perforar, ranurar, lijar para alcanzar formas deseadas, pareciéndose así a la madera, además de simplificar las instalaciones de ductería eléctrica.

Su uso se orienta a una gama amplia e importante de aplicaciones constructivas como: “muros estructurales de albañilería armada, reforzada, tabiquería interior, molduras, cornisas exteriores, paneles de losas, paneles industriales, entre otros, y sus propiedades se traducen en ventajas constructivas, como opciones para arquitectos, constructores y empresarios, aplicados en instalaciones residenciales, comerciales e industriales” [19, p. 22]. Entre sus ventajas se encuentra su resistencia y solidez, además de que es un material liviano que reduce la carga sobre estructuras y fundiciones, lo que unido a su resistencia, se traduce en un buen comportamiento estructural ante la acción sísmica y hace que sea fácil de manipular y ensamblar. Estos atributos evidentemente reducen los costos de construcción y aumenta la productividad, debido a menores costos de transporte y almacenaje, disminución de requerimiento de mano de obra, menores costos en materiales de terminación y no requiere aislamiento térmico adicional, lo que permite su uso en los sectores de salud, vivienda y educación, donde no se exigen de importantes cargas cíclicas en las edificaciones de estas ramas económicas. Otra de las características del concreto celular es que no contiene materias combustibles y es altamente resistente al fuego, ofreciendo máxima protección contra incendios, elementos que avalan la propuesta de uso en los sectores mencionados.

Los materiales empleados para fabricar el concreto celular son básicamente los mismos que se utilizan para el concreto tradicional, excepto

los agregados de cuarzo y los agentes químicos que producen las partículas de aire.

#### *Forma de fabricación.*

Los métodos para fabricarlo son por medio de la introducción de un elemento químico que produce gas en una lechada compuesta de cemento y un material de sílice que sirve de espumante, que al endurecerse forma una estructura uniforme de poros.

Para la formación de poros se utilizan diferentes técnicas, principalmente “de gasificación interior con polvo de aluminio, que reacciona con el hidróxido de cal libre del cemento durante el fraguado y genera hidrógeno en forma de burbujas pequeñas, obteniéndose aluminato tricálcico hidratado + hidrógeno” [4, p. 147]. Por tanto es importante señalar que, la velocidad de reacción depende del tipo y de la cantidad de polvo de aluminio que se agregue a la mezcla, así como de “la finura del cemento, temperatura y proporción de los componentes” [24, pp. 2-3].

Otros reactivos utilizados son el polvo de zinc: usado para formar zincato de calcio + hidrógeno, donde el hidrógeno es reemplazado por el aire, por lo tanto, no existe ningún peligro de que ocurra fuego. Adicionalmente se utiliza agua oxigenada y polvo blanqueador, verificándose una reacción química, en la cual se desprende oxígeno en vez de hidrógeno, o sea, cloruro de calcio + oxígeno + agua [30].

Por último los “sulfonatos alkyl aryl, el sulfonato de lauryl de sodio, ciertos jabones y resinas, aditivos espumantes destinados a extinguir incendios, así como plásticos o resinas sintéticas en estado líquido viscoso” [4, p. 147], los cuales son apropiadas para la elaboración de concretos colados en el sitio de la obra.

Así se obtienen varios tipos de concretos aireados, empleando diferentes tipos de “aditivos como generador espumante, fibra dispersante, retardante, expansor, escoria, ceniza volante, etc”, que suplen las deficiencias de baja densidad del concreto celular. Entre los principales tipos de estos concretos destacan: puros, arenados, con agregados de alta resistencia, con agregados expansivos y modificados [10, p. 5].

#### *Usos*

En resumen, el concreto celular es una modificación del concreto normal y la diferencia

entre ambos está en su densidad, más que en su calidad. Es recomendable usar para “clima cálido, ya que evita la penetración del calor dentro de la vivienda; para clima frío, para propiciar la acumulación de calor interior, así como para la construcción en regiones con clima templado, semifrío, en invierno o en verano” [4, p. 146], lo que permite la adecuación de la vivienda al entorno constructivo.

Se utiliza en dos formas principales, como “pre-colado para muros, losas de entrepiso y azoteas, y bloques de construcción y colado en el sitio, principalmente, para elementos estructurales y rellenos” [4, p. 147]. Estos elementos fundamentan su uso “por más de 50 años, en la construcción de viviendas en Europa y países de América” [31].

En cualquiera de estas formas de uso, su peso varía de acuerdo con el estado en que se encuentre, ya sea plástico, fraguado o secado en horno. En todos los casos el rango de densidad varía, dependiendo de sus características, y fluctúa entre 200 y 1.900 kg/m<sup>3</sup>, aspecto que lo diferencia de los concretos convencionales, incrementando de uso en obras de gran complejidad de las industrias eléctricas y del petróleo.

En Ecuador se han desarrollado investigaciones para la obtención de un concreto celular, “con características y propiedades adecuadas para usar como base y subbase, en las vías de comunicación, conformadas con materiales pétreos” [32, p. 7], sin embargo su uso industrial aún es insuficiente, según las potencialidades de uso que tiene el país en su desarrollo actual.

#### *Concreto de alta resistencia*

Son considerados de alta resistencia los concretos con valores de esta propiedad, igual o superior a los 500 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, considerados también como de alto desempeño por su trabajabilidad y durabilidad, con una alta aplicación en la esfera medioambiental [5, p. 7].

Otros autores denominan concreto de alta resistencia (CAR) a aquellos que poseen “resistencia a la compresión comprendida entre el límite superior que al respecto establecen actualmente las normas nacionales (alrededor de 60 MPa) y los 130 MPa, valor máximo que en la práctica, puede alcanzarse con agregados convencionales”



**Figura 4.** Construcciones realizadas con concreto de alta resistencia.

Este tipo de concreto “resuelve el problema de peso y durabilidad en edificios y estructuras, posee puntos fuertes comparables con el concreto normal, y es típicamente 25 a 35% de más alta resistencia, por lo que ofrece flexibilidad de diseño y ahorro de costos” [34, p. 2], lo que garantiza una menor carga muerta, permite mejorar la respuesta sísmica estructural, con miembros estructurales de tamaño más pequeño, menos refuerzo de acero, y menores costos de fundiciones [35, p. 4]. Los elementos prefabricados con concretos de alta resistencia han reducido los costos de transporte y colocación. Por tanto el excelente rendimiento y durabilidad de este concreto, hecho con esquisito expandido, arcilla o pizarra agregado de alta resistencia, es un resultado de la naturaleza de cerámica del agregado, y su excepcional unión y compatibilidad elástica con una matriz cementosa, de gran uso internacional, como se muestra en la figura 4.

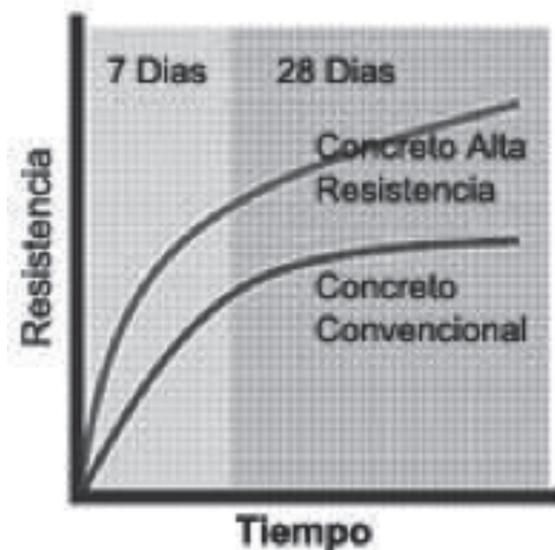
Este tipo de concreto posee elevada resistencia a la compresión, “con valores promedio entre 400 - 500 kg/cm<sup>2</sup> (39.2 - 49.1 MPa), y resultados de hasta 900 kg/cm<sup>2</sup>, característico de los hormigones, por su dosificación, puesta en obra y curado” [36], que generalmente ofrece “mejores prestaciones referente a permeabilidad, resistencia a los sulfatos, a la reacción árido-álcalis, resistencia a la abrasión, etc.; lo cual les confiere una mayor durabilidad que el resto de los concretos” [37, p. 17].

Este tipo de concreto alcanza su mayor resistencia más temprano que un concreto normal. El período en el que tenga que obtener una resistencia especificada puede variar desde unas cuantas horas, incluso minutos, hasta varios días. Se puede lograr un concreto de alta resistencia haciendo uso de los ingredientes y de las prácticas de colocado tradicionales para el concreto, capaces de alcanzar elevados valores de resistencia, como se muestra en la figura 5.

Entre las principales ventajas de este tipo de concreto, se encuentran las siguientes: “altas resistencias iniciales y finales, trabajabilidad de las mezclas, reducción de la segregación y exudación, reducción del calor de hidratación y la tendencia a la fisuración en grandes estructuras, buen desempeño de fraguado y resistencia para la construcción de obras” [38, p. 8].

Adicionalmente posee una “resistencia química moderada al agua del mar, difusión de cloruros y ataque de sulfatos, lo que aumenta la durabilidad del concreto, significativos ahorros en el consumo de cemento por metro cúbico de concreto, rápida puesta en uso de estructuras y vías de concreto” [27, p. 11].

#### Formas de fabricación



**Figura 5.** Resistencia a la compresión en concretos convencionales y de alta resistencia.

Estos concretos se pueden obtener por medio de algunas de las combinaciones que se muestran a continuación, “en dependencia de la edad a la cual la resistencia especificada se tenga que alcanzar y de las condiciones de la obra” [39, p. 33]:

- Uso de cemento alta resistencia, entre 356 a 593 kg/m<sup>3</sup>.
- Baja relación agua – cemento, entre 0.20 a 0.45 en peso.
- Mayor temperatura del concreto fresco.
- Mayor temperatura de curado.

- Uso de aditivos químicos.
- Curado al vapor o en autoclave.
- Uso de un aislamiento para retener el calor de hidratación.
- Uso de cementos de fraguado regulado o de otros cementos especiales.

En la actualidad no existe una metodología específica para la elaboración de concretos de alta resistencia; sin embargo, el seguimiento de algunas investigaciones ha permitido desarrollar, “procedimientos para obtener concretos en un período de tiempo relativamente corto y, sobre todo, utilizando los materiales en la forma más parecida a las condiciones y propiedades que tienen cuando se emplean en las obras” [36, p. 50]. Como resultado se ha comprobado que la técnica de mezclado de los materiales que permiten conformar este tipo de producto, incluye el uso de los materiales siguientes: caliza, agua, arena, cemento, microsilica, aditivo químico, el posterior mezclado y el control de la granulometría, que permite incrementar la resistencia a la compresión. Por tanto este tipo de concreto es factible de usarse en instalaciones exigentes de sectores priorizados en Ecuador, como electricidad, gas/petróleo, edificaciones con grandes cargas, así como de infraestructuras viales, como puentes, puertos, canales hidráulicos, entre otros.

#### Usos

Por las mencionadas características físico-mecánicas, el concreto de alta resistencia es utilizado para construcciones con altos niveles de exigencia, sobre todo donde se requieren altas cargas y tensiones. Su uso conlleva “la reducción de las dimensiones de las secciones constructivas, lo que permite significativos ahorros de cargas muertas, lo que repercute técnica y económicamente en la viabilidad de las instalaciones fabricadas, con el uso de este tipo de concreto” [36, p. 54].

Además, tiene “un módulo de elasticidad más alto que el normal, lo que reduce las pérdidas de la fuerza pretensora, debido al acortamiento elástico del concreto, está menos expuesto a las grietas por contracción, que aparecen con frecuencia en los concretos convencionales [36, p. 55]. Todo lo cual “minimiza su costo, ofrece mayor resistencia a la tensión cortante, a la adherencia y al empuje y es muy deseable para el montaje de cualquier tipo de estructura” [38, p. 4]. Por tanto se utiliza cuando se requieren resistencias superiores a los

28 días, requisito muy demandado en instalaciones gasopetrolíferas, hidroeléctricas y demás infraestructuras de gran peso y cargas cíclicas.

Mundialmente son reconocidos los usos del concreto de alta resistencia como “elementos prefabricados de concreto, hormigones pretensados, hormigones postensados, hormigones que requieran desmolde anticipado y hormigones en los que se requiere una alta durabilidad” [40, p. 66].

Entre las principales ventajas del uso de este tipo de concreto [41, p. 8] se tienen las siguientes:

- Mayor rotación y menor tiempo de uso del encofrado.
- Se pueden diseñar menos secciones estructurales, con el consiguiente ahorro de áreas de construcción.
- Mayor rendimiento en la ejecución de las obras.
- Disminución de los esfuerzos de diseño.
- Apropiado para sistemas industrializados.
- Altas resistencias iniciales y finales.
- Resistencias superiores a las especificadas en la Norma NTE INEN 2380.
- Mejor trabajabilidad de las mezclas.
- Reduce la segregación y exudación.
- Reduce el calor de hidratación y por consiguiente la tendencia a la fisuración en grandes estructuras.
- Buen desempeño de fraguado y resistencia para la construcción de obras en general.
- Resistencia química moderada al agua del mar, difusión de cloruros y ataque de sulfatos, lo que aumenta su durabilidad.
- Ahorros significativos en el consumo de cemento por metro cúbico de concreto.
- Rápida puesta en uso de estructuras y vías de concreto.

### Resultados y discusión

El análisis se realizó de forma cualitativa y cuantitativa, considerando los porcentajes de mayor a menor grado de utilización de los concretos de alta resistencia y celulares en la industria de la construcción, clasificados por sectores, como: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación. Los valores fueron obtenidos de forma exploratoria a través de empresas constructoras locales y entrevistas.

Empresas:

Uribe & Schwarzkopf  
 Sinohydro  
 Refinería del Pacífico  
 Construecuador  
 Makiber  
 Ferroinmobiliaria  
 Municipio de Quito  
 Colegio de Arquitectos  
 Cámara de la Construcción

**Tabla 1.** Principales proyectos investigados en los sectores de estudio.

SECTORES	PROYECTOS	kg/cm <sup>2</sup>
ELECTRICIDAD	COCA CODO SINCLAIR	590
	MANDURIACU	500
	TOACHI PILATÓN	490
	SOPLADORA	490
GAS / PETRO-LEO	MONTE CHORRILLO	490
	REFINERÍA ESMERALDAS	490
	REFINERÍA DEL PACÍFICO	490
VIVIENDA	TORRES DE ARAGÓN 3	280
	YOO QUITO	280
EDUCACIÓN	VILLAS PALERMO	240
	CIUDAD JARDÍN	240
	UNIVERSIDAD IKIAM	280
	ESCUELA DEL MILENIO 6 DE OCTUBRE	240
SALUD	HOSPITAL INTERNACIONAL	280
	HOSPITAL DE MACHALA	280

Las costumbres culturales e históricas, relacionadas con la actividad constructiva del país durante muchos años, han provocado el uso tradicional de los concretos convencionales (como muestra la tabla 1), en obras de educación, vivienda y salud, sin embargo, el avance de la sociedad, en sectores estratégicos anteriormente no desarrollados, como el gas/petróleo y electrici-

dad, en grandes proporciones, han propiciado el desarrollo y utilización de nuevos materiales de construcción, ya que sus magnitudes ameritan para garantizar mejor calidad y durabilidad de las obras. Además, las características climatológicas y naturales del Ecuador, hacen que los daños ocasionados a sus estructuras constructivas puedan ser de carácter mecánico y químico. “Esta clasificación se realiza tomando como referencia la principal influencia de las degradaciones en una estructura, sin embargo, es pertinente tener siempre presente que la relación entre los dos es muy íntima” [42, p. 15]. Por tanto, se considera que los mecanismos de degradación más complicados para el país, son los de carácter químico, debido no solo al comportamiento del concreto como material único, sino a la relación de este con el acero que lo refuerza y con las condiciones ambientales a que está sometido.

Como resultado de estos factores, en Ecuador se procesan en sus plantas hormigoneras productos con adiciones basadas en su desempeño, que minimizan el impacto ambiental y dan como resultado un uso más eficiente de las materias primas empleadas en su fabricación. Un ejemplo es el concreto de alta resistencia “HE por sus siglas en inglés el *“high early-strength”*, ideal para fabricar hormigones con altas resistencias mecánicas, edificar estructuras en zonas de alto riesgo sísmico, centrales hidroeléctricas (ver figura 6), pavimentos y obras de infraestructura en general” [43, p. 3].

Así es como, al analizar las características de elaboración de los concretos especiales (alta resistencia y celulares), los materiales para su elaboración y sus probados usos internacionales, demostraron las posibilidades de utilizar estos materiales en las obras de construcción que se ejecutan en Ecuador, diferenciando las de los sectores de vivienda, salud y educación, donde se recomienda el uso preferencial de los concretos celulares, teniendo en cuenta que poseen menos exigencias que las obras industriales de gran tamaño, mientras que para las edificaciones vinculadas a los sectores de electricidad, gas/petróleo y obras donde el desafío de diseño y altura ameriten se emplean los concretos de alta resistencia, considerando que estas instalaciones normalmente están sometidas a grandes esfuerzos y tensiones mecánicas, exigiéndoles mayores resistencias, durabilidad y confiabilidad constructiva.



**Figura 6.** Instalaciones hidroeléctricas en Ecuador.

La adecuación de los concretos de alta resistencia a las edificaciones de gran altura se ha convertido mundialmente en un tema de uso inmediato, “ya que su rendimiento bajo grandes compresiones, determina reducciones notables de los elementos resistentes verticales, lo que lleva aparejado, mayor superficie útil del edificio, volúmenes de puesta en obra menores y pesos propios asimismo menores” [44, p. 6], que para el caso de Ecuador determinan ventajas claras y definidas para su uso futuro, tomando en consideración los requerimientos de confort y funcionalidad de las plantas superiores de los edificios de altura, frente a las demandas horizontales, así como el desarrollo constructivo previsto para el país en los próximos años.

No obstante, el empleo de concretos de alta resistencia en las piezas verticales de edificios de gran altura puede llevarse a cabo, “si el proceso de construcción y diseño del edificio es llevado a cabo en forma interactiva y adecuada, entre la ingeniería estructural y la arquitectura” [44, p. 9]. Cumpliendo este principio, muchos edificios en la actualidad superan los 300 m de altura como promedio en el mundo.

En Ecuador existe evidencia del uso de concretos especiales en la construcción de obras de infraestructura y de caminos urbanos, donde se han utilizado específicamente los concretos de alta resistencia, como se muestra a continuación [43, p. 9]:

Proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair: obras de captación, dovelas para recubrimiento de los túneles, concreto lanzado; Proyecto hidroeléctrico Toachi Pilatón, Túneles San Eduardo en Guayaquil, Complejo de Puentes de la Unidad Nacional, Aeropuertos de Santa Rosa, Tena y Lata-

cunga, carreteras de concreto rígido que construye el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, entre otros.

A continuación, se exponen los proyectos más emblemáticos levantados en Ecuador de acuerdo a los kilogramos por centímetro cuadrado, basados en la necesidad de resistencia y utilización; que a pesar de no ser motivo de estudio se cree necesario mencionarlos. (Ver tabla 2).

Como se puede evidenciar, la mayor incidencia recae en la construcción de la pista del aeropuerto Mariscal Sucre en la ciudad de Quito, la cual está expuesta a cargas extremadamente altas al sufrir el impacto del aterrizaje de aviones de carga y de grandes envergaduras, proyecto que tuvo un seguimiento de calidad muy detallado, a cargo del laboratorio de la Universidad Católica del Ecuador. El ingeniero Guillermo Realpe, comentó que tenían controles muy seguidos del concreto y sus reacciones con el fraguado para poder garantizar los pesos que ahora soportan, adicionalmente, en dicha entrevista comentó que en Ecuador ninguna planta posee un laboratorio para garantizar este tipo de hormigones a ese nivel y, por ende, fueron realizados en un laboratorio externo calificado por las empresas extranjeras las que manejaban este gran proyecto, seguido por el puente del río Chiche, y el Metro de Quito.

**Tabla 2.** *Proyectos en Ecuador con hormigones de altos porcentajes*

SECTOR	PROYECTO	%
AEROPUERTO	AEROPUERTO MARISCAL SUCRE	750
PUENTE	PUENTE DEL CHICHE	650
METRO	METRO DE QUITO	550
HOTELERO	SWISS TOWERS - 190 m DE ALTURA. EL MÁS ALTO DE ECUADOR	380
PLATAFORMA	PLATAFORMA GUBERNAMENTAL FINANCIERA	380

También existe un proyecto hotelero a construirse en Guayaquil denominado Swiss Towers, el mismo que se convertirá en el más alto del Ecuador con diseño del arquitecto Christian Wiese y sus 190 metros de altura, el cual utilizará hormigón de 380 desafiando así mismo al diseño

con sus fachadas de vidrio revestidas con paneles de aluminio compuesto.

Los concretos de alta resistencia son muy utilizados para construir edificios altos, “reduciendo las secciones de columnas e incrementando el espacio disponible; superestructuras de puentes para mejorar la durabilidad de sus elementos, así como satisfacer las necesidades de aplicaciones especiales, como alta durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión” [45, p. 4]. Lo que ha fundamentado su uso en Ecuador, en obras de envergadura constructiva, en los sectores estratégicos de electricidad, gas/petróleo.

En la actualidad estas condiciones se cumplen y la decisión de su utilización se establece en relación con “aspectos relacionados muy diversamente con el edificio: tipología estructural, rapidez de ejecución, economía generalizada, entre otros; pero puede decirse que su utilización resulta muy competitiva en muchas ocasiones para la realización de los elementos verticales de las estructuras de altura” [44, p. 5], sin embargo, en Ecuador las edificaciones altas no abundan (ver tabla 4), principalmente, por regulaciones existentes, lo que ha motivado que la mayoría de las ciudades grandes, como Quito, con más de 2,3 millones de habitantes, se hayan desarrollado más bien hacia los sectores laterales y muy poco hacia las alturas, limitando la utilización de concretos especiales.

Sin embargo, las nuevas regulaciones y ordenanzas municipales en la ciudad de Quito [46, p. 4], para la óptima ocupación del suelo, ha abierto la posibilidad de crecimiento vertical. Bajo esta premisa, los arquitectos calificados en diseñar este tipo de edificaciones, han manifestado que “En el Ecuador se goza de mucha más libertad, las ciudades están por construirse, considerando por un lado control y precisión (cultura alemana); y por otro el espíritu de creación latinoamericano (cultura ecuatoriana)” [47, p. 2], con ello se prevé una nueva era de la construcción en altura con la utilización de concretos especiales, acompañada por el diseño, confort calidad y seguridad.

Se puede exponer el uso de concretos de alta resistencia muy utilizados en los sectores de electricidad y obras asociadas a su propio desarrollo, así como en obras del sector de gas/petróleo y otras, asociadas también a su propio desarrollo. (Ver tabla 3).

**Tabla 3.** Principales proyectos en el sector de electricidad, gas/petróleo

SECTORES	PROYECTOS	k g / cm2
ELECTRICIDAD	COCA CODO SINCLAIR	590
	TOACHI PILATON	490
	MANDURIACU	500
	SOPLADORA	490
GAS PETROLEO	MONTE CHORRILLO	490
	REFINERÍA ESMERALDAS	490
	REFINERÍA DEL PACÍFICO	490

En lo referente a los sectores de gas y petróleo, se utiliza el hormigón celular para el recubrimiento de la tubería como una medida de protección en las zonas inundables, pantanosas, en sitios o zonas rocosas y cruces de río a cielo abierto, así también se utiliza como aislamiento térmico cuando se debe controlar las pérdidas de calor en las tuberías encerradas, así lo expone el Ing. Luis Cabrera, ejecutivo de la refinería de Esmeraldas.

Para el hormigón celular no existe mayor demanda en el país, a más de la antes señalada y aquella que es requerida en proyectos acústicos o de salas de cine, por lo que su industrialización a nivel de hormigoneras es casi inexistente, así lo comenta el ingeniero Santiago Egas fabricante artesanal de hormigón, quien acota adicionalmente que “este material debería ser más utilizado en el Ecuador debido a sus características de resistencia y a la experiencia altamente positiva que tiene este hormigón en la construcción, en las esferas mundiales”.

Finalmente, basándose en la investigación realizada a las obras de infraestructura más importantes del Ecuador y los grandes proyectos, tanto públicos como privados en todo el territorio nacional, se puede afirmar que el concreto convencional es el más utilizado, más por su tradición y familiarización con este producto, antes que por sus propiedades, dejando de lado el empleo del hormigón celular que, por sus características, sería el más recomendado. Si bien es cierto el hormigón celular es más costoso, esto se debe a su bajo uso, pero de darse un alto consumo, su precio bajaría y competiría con el hormigón convencional, con mayores ventajas para el cliente.

**Tabla 4.** Usos de los concretos convencionales en educación, salud y vivienda, en Ecuador.

SECTORES	PROYECTOS	kg/cm2
VIVIENDA	Torres de Aragón 3	280
	Yoo Quito	280
	Villa Palermo	240
	Ciudad Jardín	240
EDUCACIÓN	Universidad Ikiam	280
	Escuela del Milenio 6 de Octubre	240
	Hospital Francisco de Orellana	280
SALUD	Hospital Internacional	280
	Hospital de Manta	280

En la tabla 4 se puede observar y analizar el uso del concreto convencional en las áreas de mayor crecimiento en el país como es la construcción de viviendas, de escuelas o unidades educativas, así como de instituciones de salud pública.

**Tabla 5.** Porcentajes de utilización de concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción .

SECTORES	PROYECTOS	k g / cm2
ELECTRICIDAD	COCA CODO SINCLAIR	590
	MANDURIACU	500
	TOACHI PILATÓN	490
	SOPLADORA	490
GAS / PETRÓLEO	MONTE CHORRILLO	490
	REFINERÍA ESMERALDAS	490
	REFINERÍA DEL PACÍFICO	490
VIVIENDA	TORRES DE ARAGÓN 3	280
	YOO QUITO	280
EDUCACIÓN	UNIVERSIDAD IKIAM	280
SALUD	HOSPITAL FRANCISCO DE ORELLANA	280
	HOSPITAL INTERNACIONAL	280
	HOSPITAL DE MANTA	280
EDUCACIÓN	ESCUELA DEL MILENIO 6 DE OCTUBRE	240
VIVIENDA	VILLAS PALERMO	240
	CIUDAD JARDÍN	240

*Nota:* De mayor a menor los porcentajes de utilización de concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción, clasificado por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud, educación.

## Conclusiones

En Ecuador no existe demanda ni experiencia en el uso de los concretos especiales (alta resistencia y celulares), en obras que lo requieren, por su exigencia y rigor constructivo.

En el país los concretos de alta resistencia son utilizados únicamente en el sector de electricidad, como es el proyecto Coca Codo Sinclair, con el mayor porcentaje (590 kg/cm<sup>2</sup>), seguido por obras de gas y petróleo, como la rehabilitación de la Refinería de Esmeraldas y trabajos en la del Pacífico.

Respecto al uso de los concretos especiales en Ecuador, se comprobó que los sectores de electricidad y gas/petróleo son los que utilizan en mayor proporción los concretos de alta resistencia, mientras que los celulares no son utilizados y en su lugar se prefiere los convencionales, en sectores de vivienda, educación y salud, como se observa en la tabla 4.

Las regulaciones para realizar construcciones de grandes alturas, existentes en Ecuador, no permiten el uso de concretos de alta resistencia en los sectores de educación, salud y vivienda, puesto que la altura permitida hasta el momento no amerita por costos.

Con la salida del aeropuerto en Quito y el cambio de las reglamentaciones para las construcciones, existe la probabilidad de realizar edificios de mayor altura, lo cual permitirá la motivación de los arquitectos e ingenieros, para ejecutar diseños, que permitan utilizar hormigones de alta resistencia y celulares, aprovechando sus excelentes propiedades y usos constructivos, fundamentado en los aspectos siguientes, que considero importante señalar:

- Altas resistencias iniciales y finales.
- Excelente trabajabilidad de las mezclas.
- Reducción de la segregación y exudación, así como al calor de hidratación y por consiguiente la tendencia a la figuración en grandes estructuras.
- Buen desempeño de fraguado y resistencia para la construcción de obras en general.
- Resistencia química moderada al agua del mar, difusión de cloruros y ataque de sulfatos, lo que aumenta la durabilidad del concreto.
- Significativos ahorros en el consumo de cemento por metro cúbico de concreto y rápida utilización de las estructuras y vías de concreto.

Existe gran experiencia mundial, con el uso de los concretos celulares y de alta resistencia que, de aplicarse en Ecuador, siguiendo el ejemplo de algunos arquitectos que sueñan en el papel con rascacielos y modelos fuera de límites, disminuirían los costos de utilización con el incremento en la demanda de aplicación de estos concretos.

El escaso uso de los concretos celulares ha provocado que las empresas hormigoneras tengan poca demanda, como es el caso de la Holcim, una de las más grandes del Ecuador, que recibe muy pocas cotizaciones de este tipo de hormigón, y casi nunca para proyectos motivo del estudio como lo expresa el Ing. Nelson Chávez, gerente Comercial de Holcim.

El crecimiento de la demanda de viviendas en Ecuador y el apoyo gubernamental por medio de los créditos posibilita la utilización de los concretos celulares, lo que permitirá:

- Aprovechar las características térmicas de este tipo de concreto.
- Evaluar la posibilidad de utilizarlo como prefabricado pudiéndose adquirir en forma modular y progresiva.
- Disminuir los costos de construcción y ahorrar recursos energéticos.
- Posibilidad de emplear en sectores de salud, educación y vivienda, donde los valores de resistencia no superen los 450 kg/cm<sup>2</sup>.

En los sectores de educación, salud y vivienda es muy utilizado el concreto convencional, debido a las razones siguientes:

- Tradición de uso y abundancia en el mercado nacional ocasionando un costo menor.
- Las principales edificaciones de estos sectores en Ecuador son relativamente bajas, con pocas cargas y tensiones en sus diseños constructivos.
- Se caracterizan por presentar valores promedio de densidad entre 2.200 y 2.500 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión entre 100 - 500 kg/cm<sup>2</sup>, tiempos de fraguado variable, alrededor de 2,5 horas promedio, resistencia a la tracción relativamente baja, inferiores a los valores promedio de los concretos de alta resistencia.
- Poseen una amplia utilización en las estructuras de concreto para cimentaciones, columnas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, entre otros

usos, aplicados fundamentalmente en los sectores mencionados anteriormente.

Los sectores más propensos para el uso de los concretos especiales, son electricidad, gas/petró-

leo, así como otros, donde se exijan altas cargas, esfuerzos, durabilidad y elevada resistencia, por tanto, aplicables al programa de desarrollo que lleva a cabo actualmente Ecuador en cuanto a carreteras, plataformas gubernamentales, etc.

## Bibliografía

- [1] A. A. Cervantes, «Nuevas tecnologías en concretos, concretos celulares -concreto reforzado con fibra- concreto ligero estructural», Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño, Ciudad de México, 2008.
- [2] A. Barrios y M. Soriano, «Materiales sostenibles para la construcción», Unión Europea, Madrid, 2012.
- [3] <http://www.inecyc.org.ec>, 26 septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.inecyc.org.ec>. [Último acceso: 27 enero 2016].
- [4] A. Cervantes, «Nuevas tecnologías en concretos, concretos celulares -concreto reforzado con fibra- concreto ligero estructural», Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño, Ciudad de México, 2008.
- [5] A. Ordóñez y H. Eguez, «Comportamiento del hormigón simple mezclado con polvo reactivo», Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2009.
- [6] A. Pullaguari, «Diseño de bloques en base a polietileno tereftalato (plástico reciclado)», Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.
- [7] D. Moreno, «Cemento ¿Oligopolítico? Industria próspera pero controversial», *Ekos*, pp. 22-33, 2012.
- [8] IMCYC, «Conceptos básicos del concreto», Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, 2013.
- [9] E. Rivva, «Naturaleza y materiales del concreto», Congreso de Estructuras y Construcción, Lima, 2000.
- [10] M. Ayala, «Concreto aireado para la vivienda de interés social» Facultad de Arquitectura de la UNAM, México, 1998.
- [11] INECYC, «Comercialización 2015», 26 septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.inecyc.org.ec/2015/09/26/comercializacion2015/>. [Último acceso: 27 Enero 2016].
- [12] J. Camposano, «Control de calidad en el hormigón», Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto, Quito, 2009.
- [13] Cemex México, «<http://www.cemexmexico.com/>,» 22 febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.cemexmexico.com/>.
- [14] [14] E. Mejía y L. Pachacama, «Implementación de un sistema de calidad basado en la norma ISO 9001-2008 para una planta de producción de hormigón», Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, 2014.
- [15] L. Gutiérrez, «El concreto y otros materiales para la construcción», Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2003.
- [16] Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Proporcionamiento de mezclas: concreto normal, pesado, masivo, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2004.
- [17] E. Ríos, «Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto hidráulico», Universidad Veracruzana, Ciudad de México, 2013.
- [18] Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto, «Breve historia de los aglomerantes», Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto, INECYC, Quito, 2009.
- [19] El concreto en la obra, «Pruebas de resistencia a la compresión del concreto», Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, 2006.

- [20] Norma ASTM C31, «Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto para pruebas de compresión», Farmington Hills, Michigan, 2003.
- [21] Norma ASTM C39, «Método de prueba estándar para resistencia a compresión de probetas de hormigón cilíndricos», Farmington Hills, Michigan, 2006.
- [22] M. A. Céspedes, «Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido», Universidad de Piura, Lima, 2003.
- [23] G. Wargo y M. Russell, ACI Manual of concrete Inspection, Michigan: Farmington Hills, 2007.
- [24] J. Camposano, «Control de calidad en el hormigón», Instituto Ecuatoriano del Concreto y del Cemento (INECYC), Quito, 2009.
- [25] M. A. Gabalec, «Tiempo de fraguado del hormigón», Universidad Tecnológica Nacional, La Plata, 2008.
- [26] ASTM Designation: C 403/C 403M – 99, «Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance», Farmington Hills, Michigan, 2005.
- [27] J. Lamond y J. Pielert, «Significace of tests and properties of concrete and concrete making materials», ASTM Internacional, West Conshobockeen, 2006.
- [28] Ordenanza 3457, «Ordenanza 3457», Concejo Metropolitano de Quito, Quito, 2003.
- [29] Normas de Arquitectura y Urbanismo para DMO, «Normas de Arquitectura y Urbanismo para DMO», Código Ecuatoriano de Construcción, Quito, 2005.
- [30] M. Soriano, «Materiales sostenibles para la construcción», Unión Europea, Madrid, 2012.
- [31] [www.likahormigon.com.ar/](http://www.likahormigon.com.ar/), «<http://www.likahormigon.com.ar/>» 23 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.likahormigon.com.ar/>.
- [32] E. L. Mejía, «Utilización de hormigón celular como base y subbase en la construcción de carreteras», Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2010.
- [33] J. L. Ramírez, «La múltiple identidad del concreto», *Construcción y Tecnología*, pp. 115-123, 1999.
- [34] Structural Lightweight Concrete, «Structural Lightweight Concrete», Expanded Shale, Clay, and Slate Institute, Washington, 2015.
- [35] L. Valdez, G. Suárez y G. Proaño, «Hormigones livianos», Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2013.
- [36] F. Bustamante, F. González y L. Rocha, «Concretos de alta resistencia», *Construcción y Tecnología*, pp. 44 - 56, 2000.
- [37] L. C. Rocha, «Concretos especiales en la construcción. Concreto de alta resistencia», Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2009.
- [38] Holcim Premium, «Cemento hidráulico Tipo HE de alta resistencia inicial», Holcim, Quito, 2015.
- [39] P. Mehta, «Concreto: estructura, propiedades y materiales,» Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, 1998.
- [40] M. López y L. Kahn, «Hormigón liviano de alto desempeño - una comparación entre pérdidas de pretensado reales y estimadas por los códigos de diseño», *Ingeniería de Construcción*, pp. 59 - 69, 2006.
- [41] Holcim, «Cemento hidráulico Tipo HE de alta resistencia inicial», Holcim Hormigones S.A., Quito, 2015.
- [42] J. C. Bernal, «Durabilidad en estructuras de concreto armado, localizadas frente a la costa», Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2009.
- [43] Holcim, «Ficha Técnica de Hormigón», Holcim Hormigones S.A., Quito, 2015.
- [44] C. J. Martínez, «Hormigones de alta resistencia en la edificación de gran altura», Hormigón y Acero, Madrid, 2003.
- [45] N. Gamica, S. Jorge y J. Flores, «Control de calidad en obras para hormigones de alto desempeño», Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2009.
- [46] Ordenanza Metropolitana, «Ordenanza Metropolitana del Concejo Metropolitano de Quito,» Comisión de Suelo y Ordenamiento Territorial, Quito, 2013.
- [47] C. Wiese, Interviewee, *Arquitectura moderna en Ecuador*. [Entrevista]. 2 abril 2012.

# Comercio electrónico global y colaboración e innovación en Procter & Gamble

---

**Richard Guillermo Lasluisa Morales<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática,  
Instituto de Investigación y Posgrado  
e-mail: richard\_lasluisa@hotmail.com

Información del artículo

Recibido: Junio 2015 – Aceptado: Agosto 2015

---

## Resumen

El presente artículo constituye un trabajo académico de investigación relacionado con el comercio electrónico, las herramientas de colaboración y la innovación aplicada en la empresa Procter & Gamble que es reconocida como una de las compañías de mayor éxito a nivel mundial en el desarrollo de nuevas marcas en productos de cuidado de belleza, cuidado del hogar, salud y belleza. Describe su modelo de negocio, las herramientas de colaboración que ha implementado y cómo la innovación abierta ha permitido alcanzar las metas de esta organización. Describe una propuesta para aplicar otras formas para el trabajo cooperativo y un proceso metodológico para la selección de herramientas colaborativas aplicadas a pequeñas y medianas empresas. Finalmente se incluye un estudio de la realidad ecuatoriana en torno a la aplicación del gobierno, comercio electrónico e innovación.

**Palabras clave:** comercio electrónico, gobierno electrónico, innovación, colaboración, web 3.0, análisis de sentimientos, gobierno colaborativo.

## Abstract

This article is an academic research related to electronic commerce work, collaboration tools and innovation applied in the company Procter & Gamble, which is one of the most successful companies worldwide in the development of new brands beauty care products, home care, health and beauty. Describe your business model, collaboration tools have implemented and open innovation has helped to achieve the goals of this organization. Describes a proposal to implement other ways to implement collaborative work and a methodological process for the selection of collaborative tools applied to small and medium enterprises; finally it has a study of the Ecuadorian reality environment the application of government, commerce and innovation.

**Keywords:** E-commerce, E-government, innovation, collaboration, Web 3.0, sentiment analysis, collaborative government

## Introducción

Las nuevas tendencias y los cambios dinámicos hacen que las organizaciones y las instituciones, tanto públicas como privadas, se debatan en la urgente necesidad de orientarse hacia los avances tecnológicos. Los hechos han dejado de tener solo relevancia local y han pasado a tener como referencia el mundo. Los países y las regiones colapsan cuando los esquemas de referencia se tornan obsoletos y pierden validez ante las nuevas realidades.

En la medida que la competitividad sea un elemento fundamental en el éxito de toda organización, los gerentes o líderes harán más esfuerzos para alcanzar altos niveles de productividad y eficiencia.

La cultura organizacional es uno de los pilares fundamentales para apoyar a todas aquellas organizaciones que quieren hacerse competitivas. Además de estudiar el cambio organizacional como piedra angular del mejoramiento continuo de las organizaciones, también se considera relevante estudiar la importancia de la gestión de recursos humanos en el avance de la tecnología.

Los equipos de trabajo deben ser parte fundamental en la organización, porque ellos son los responsables y deben ser capaces de lograr los objetivos propuestos como un propósito común. Un equipo altamente capacitado y formado podrá auto controlarse y auto gestionarse, sin necesidad de recurrir a una instancia o jerarquía superior, generando una reducción en los niveles jerárquicos, a la vez que podrán interactuar en favor de la empresa.

Las tecnologías brindan nuevos esquemas o marcos de trabajo colaborativo para los seres humanos y requieren el uso de un sistema, dispositivo o equipo de computación para su operación.

El comercio electrónico global acompañado del desarrollo y popularidad que ha tenido la web 2.0 con sus herramientas colaborativas, ha obligado a las empresas a tomar decisiones de abrir sus mercados a nivel mundial. Las empresas están realizando inversiones en tecnología que les permita brindar servicios o promocionar sus productos a través de internet.

La tendencia en la forma de hacer negocios de comercio está cambiando, las empresas están implementando tiendas electrónicas e-tailers, a través del uso de TIC. Los e-tailers tienen la posibilidad de dar a conocer una variedad de

productos organizados por categorías sin depender de los espacios físicos que tienen los locales comerciales.

Los tipos de comercio Negocio a Consumidor B2C, Negocio a Negocio B2B, hoy en día son protagonistas de la forma de realizar ventas, el marketing digital está tomando mejores rumbos e incluso en el desarrollo de negocios electrónicos tipo Consumidor a Consumidor C2C, a través de sitios comerciales en línea como Mercado Libre, OLX, eBay y Craigslist.

## Metodología

El presente caso de estudio ha sido resuelto mediante la contestación de siete interrogantes que están enmarcadas en el contexto de la colaboración e innovación de la empresa Procter & Gamble.

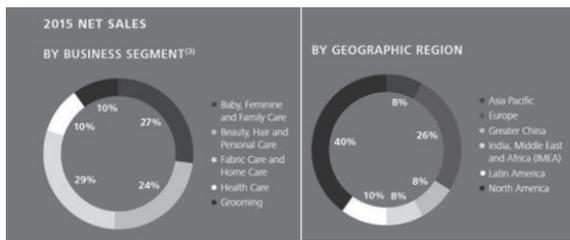
¿Cuál es la estrategia de negocios de Procter & Gamble?

Procter & Gamble es el mayor fabricante de productos para el consumidor en el mundo y una de las diez principales compañías mundiales con base en la capitalización del mercado. Actualmente está posicionada en más de 80 países y tiene una planta de más de 100.000 empleados para garantizar que las marcas de P&G cumplan con la misión de mejorar la calidad de vida todos los días [1].

**Tabla 1**  
*Reporte fiscal de P&G*

<u>No.</u>	<u>Total de empleados</u>
2015	110.000
2014	118.000
2013	121.000
2012	126.000
2011	129.000
2010	127.000

Su estrategia de negocio es el desarrollo de nuevas marcas y mantener la popularidad de estas con innovaciones únicas de negocios. Sus operaciones se dividen en tres unidades principales: cuidado de belleza, cuidado del hogar, salud y bienestar.



**Figura 1.** Distribución de ventas a nivel de producto y por región

Fuente: [2]

Es necesario indicar que su modelo de sustentabilidad está basado en atender cinco tipos de mejoras: los productos, las operaciones, la responsabilidad social, los empleados y los socios de negocios.

Posee una estructura organizativa diseñada para operar a nivel global enfocándose en llegar con integridad a cada comunidad y a cada hogar.

Para el CEO de P&G, la innovación inicia al unir el producto y la tecnología, pero lo más importante es cómo los clientes perciben y experimentan el mismo. Para P&G la innovación es la marca, el producto, el diseño de la compra, la experiencia del uso, atributos y beneficios funcionales; es el modelo de negocio, la manera en la cual se llega al mercado, la cadena de suministro, la estructura de costos para entregar productos nuevos y maravillosos a un buen precio.

El proceso de evaluación de innovaciones en P&G sigue un proceso basado en un flujo básico: el primero tiene que ver en que los jugadores y líderes clave están ahí: CEO, jefes de negocio, jefes de diseño, de I&D, de comprensión del consumidor; juntos analizan las metas y estrategias de innovación y negocio de una manera integral. Examinan si las metas están acorde con la innovaciones para ver si se tiene la capacidad de generar el crecimiento, luego comparan el programa y la estrategia de innovación con los mejores competidores de un sector; finalmente realizan un análisis para establecer lo que se requiere a fin de lograr que ese flujo de innovación pase por el desarrollo, por la calificación, por la comercialización, para finalmente llegar al mercado.

Lafley, CEO de P&G en la década de los años 2000, utilizaba la estrategia de los posters, mismos que eran utilizados en las reuniones para enfocarse en un tema o problema de un producto de innovación o desarrollo. En las reuniones de organización se resolvían interrogantes como por ejemplo ¿cuál serían los tres puntos clave

que permitirían tener éxito de hacerlos bien? ¿Se tienen realmente las personas que se necesitan? ¿Tenemos el presupuesto para avanzar con el proyecto? finalmente siempre se analiza la valoración de lo planificado versus lo ejecutado y cuán bien se ha realizado.

Para Lafley, el CEO debe ser un líder de innovación; defiende el criterio que de no ser así, simplemente la innovación no ocurrirá. Indica que el líder debe ser receptivo y tener una mentalidad abierta, conectar las partes distintas de ideas diferentes; para Lafley si el líder no se siente cómodo con el trabajo colaborativo y de equipo no logrará tener éxito en sus planes de corto y mediano plazo.

Lafley pasó de un modelo de negocio tradicional basado en Investigación y Desarrollo, al modelo de *Innovación Abierta* aplicando la estrategia de Conectar y Desarrollar C + D con el fin de crear productos mejores, más baratos y más rápidamente; C + D consiste en encontrar buenas ideas y atraerlas hacia adentro, con el fin de mejorar y capitalizar las capacidades internas [3].

La mayor parte del éxito de la innovación abierta es que los empresarios están colaborando con socios externos, (proveedores, clientes o universidades) con el fin de sostener el juego y conseguir nuevos productos o servicios al mercado antes que sus competidores.

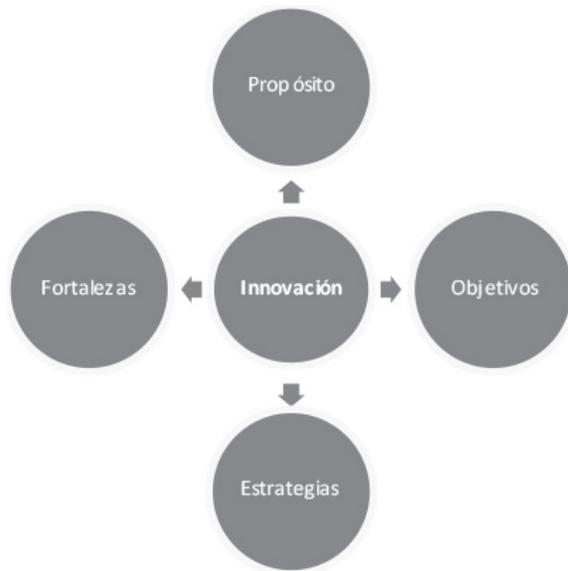
P&G para ser tan innovador posee alianzas con las universidades e institutos de investigación, mismas que han permitido que estudiantes con grado de PhD trabajen un nuevos proyectos en un centro de simulación laborando 20 horas semanales y por un periodo de seis meses. Por ejemplo, Universidad de Durham en el Reino Unido, Fraunhofer en Alemania, y el CSIR en la India. Trabajando con estas instituciones P&G tiene oportunidad de aprovechar los expertos en una amplia gama de disciplinas.

El desarrollo de la estrategia “Conectar y Desarrollar” va también complementándose a través de la implementación de soluciones tecnológicas, mediante las cuales se logra reunir a los innovadores de la red.

Hoy, la estrategia de innovación abierta de P&G ha permitido establecer más de 2.000 acuerdos con socios exitosos de innovación en todo el mundo [4].

Robert McDonald, CEO de P&G del año 2011 al año 2013, indica: “la innovación no es una invención es la conversión de una nueva idea en el consumidor y en última instancia los ingresos y el beneficio”. P&G busca innovar en términos de diseño, comunicaciones, modelos de negocio, estructuras de costo, estructuras organizativas y

mucho más. La innovación de P&G está basado en 8 conductores (propósito, objetivos, estrategias, fortalezas, cultura, sistemas, estructura, liderazgo).



**Figura 2.** Ocho conductores de innovación en P&G, parte 1.

“El propósito” es el principal conductor de la innovación en P&G, el cual está básicamente relacionado con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, pero acompañado de un componente emotivo.

El segundo conductor es “objetivos altos pero alcanzables”, se basa en que la empresa debe fijarse metas que sean altas pero que sobre todo sean alcanzables; el reto está en encontrar el equilibrio a fin de que los competidores no ganen espacio de mercado.

El tercer conductor es “estrategias de dónde jugar y cómo ganar”, basado en tres conceptos: el primero que indica un crecimiento desde lo interno de la organización hacia grandes categorías, grandes marcas y grandes países; el segundo que se basa en un crecimiento acelerado en grandes negocios de belleza, salud y cuidado personal y el tercero basado en el ganar con los consumidores de bajos ingresos / ganar en los mercados emergentes o en desarrollo.

El cuarto conductor es la “capacidad de innovar” basado en los puntos fuertes o fortalezas que posee P&G. Esto lo realiza con inversión en investigación sobre el comportamiento del consumidor, observando no solo sus necesidades sino también sus aspiraciones; focalizan sus clientes de acuerdo al tipo de producto y realizan comunica-

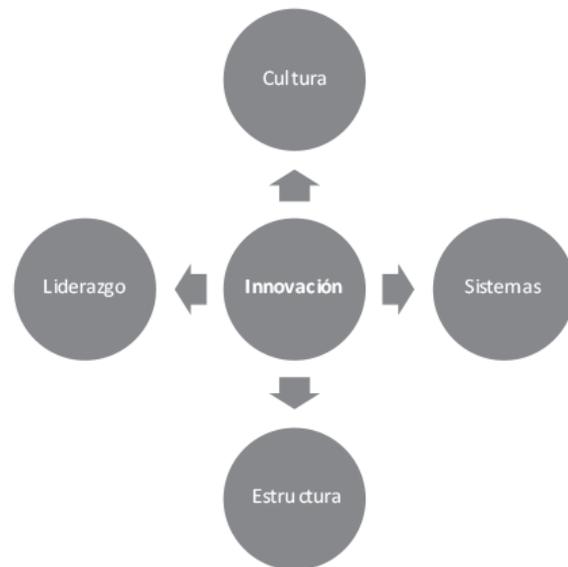
ciones por los diferentes medios, tanto personal como en redes sociales.

El quinto conductor es “estructuras diversas y personalizadas para cada tipo de innovación, proyecto o unidad de negocio”; el lema de Conectar y Desarrollar permite que se realicen alianzas con otro tipo de empresas innovadoras además de que garantiza que sea P&G a quien toquen la puerta primero.

El sexto conductor es la “cultura de innovación” que es un tema que debe ser cultivado desde cero, puede basarse en combinaciones de liderazgo y motivado por fuerzas externas.

El séptimo conductor es la “intensidad competitiva”, ahora los consumidores exigen más valor en sus productos, lo cual es un motivo principal para los procesos de innovación de P&G.

El último conductor es el “liderazgo en innovación” una tarea difícil que requiere una mezcla de inteligencia y empatía; estos líderes no necesitan solo adaptarse a su localidad sino al entorno global; Robert McDonald sostiene que “la innovación es la esencia de lo que somos, pero no es el fin en sí” [5].



**Figura 3.** Ocho conductores de innovación en P&G, parte 2.

*P&G a nivel de la Región de América Latina*

Alejandra Cobb, directora asociada de Relaciones Externas y Mercados en Desarrollo Latinoamérica de Procter and Gamble (P&G), considera que en Ecuador tienen grandes pers-

pectivas. “De las marcas líderes las más vendidas son Pantene, Head&Shoulders, Herbal Essences, Prestobarba Gillete, Ariel”, otras que están en crecimiento son Duracell y Oral B.

En Ecuador juega un papel muy importante el ensayo de P&G, basado en tres momentos: el primer momento de la verdad “decide adquirir”; el segundo es cuando llega un cliente a la casa “lo prueba y decide volver a comprar”; el momento 0 es cuando el consumidor busca información sobre la marca en mercados digitales como P&G latino.com.

La meta en el mercado ecuatoriano es conseguir entre un 30 a 40% del segmento de cuidado bucal para los próximos dos o tres años, la aspiración de Procter & Gamble es introducir la pasta dental Oral-B que posee una fórmula científicamente avanzada; esto lo indica Bernardo Cáceres, director Comercial de Procter & Gamble Latinoamérica.

Ecuador junto con Bolivia, Uruguay, Paraguay y Centroamérica-Caribe es parte del grupo de mercados en desarrollo en los que P&G “ve oportunidad de crecimiento y de ampliar el portafolio de marcas líderes”; sin embargo se encuentra haciendo muchos esfuerzos para ponerlos al mismo desarrollo de México, Brasil y Argentina, países donde, obviamente, por su demografía tiene más presencia.

P&G tiene 50 marcas líderes y unas 25 marcas billonarias; es decir que venden 1.000.000.000 al año; dentro de esas destacan Pampers, Herbal Essences, Head&Shoulders, Pantene, Gillete, Oley. Todos los años se incorpora una marca al club de las marcas líderes cuyas ganancias representan el 80% de las ventas totales de P&G.



Figura 4. Distribución de ventas en América Latina.

¿Cuál es la relación de colaboración e innovación con esa estrategia de negocios?

Bajo la premisa que P&G es una empresa de alcance global que tiene oficinas en las regiones de Asia, Europa, China, India, África, América Latina y América del Norte, además de la necesidad de mantener la popularidad de las marcas y disponer de información y servicios en la red Internet, P&G revisó sus procesos de negocio y modificó su esquema de trabajo colaborativo, invirtiendo en sistemas de información que fomenten la colaboración e innovación efectiva, con énfasis en herramientas de redes sociales popularizadas por web 2.0 y tecnologías que apoyen a los equipos de trabajo para mejorar su productividad, calidad, innovación y desempeño.

Para lograr innovar la empresa posee un presupuesto en función de sus ingresos superior al promedio de la industria, que es del 1.6%, tiene un equipo de investigación y desarrollo conformado por miles de científicos distribuidos en más de treinta países alrededor de todo el mundo, genera las ideas de nuevos productos mediante el uso de fuentes externas para desarrollar innovaciones vanguardistas con más rapidez y para reducir los costos de investigación y desarrollo. Los criterios de sabiduría de las masas y las nociones populares de la multitud “crowdsourcing” constituyen uno de los ejes de revisión para la colaboración y trabajo en equipo. P&G tuvo que cambiar su cultura organizacional en función del uso de herramientas que mejoren su productividad y servicio al cliente. En el año 2011 P&G obtuvo el primer lugar de las empresas más innovadoras del mundo acompañado de los siguientes argumentos: cuenta con 40.000 patentes activas y más de 18.000 solicitudes pendientes, el equipo de innovación está compuesto por 8.000 empleados y más de 1.000 doctores de todas partes del mundo, realización de 20.000 estudios con más de 5'000.000 de consumidores en el mundo.

P&G invierte más de 2 mil millones de dólares anuales en I&D en más de 150 áreas científicas, incluyendo materiales, biotecnología, imágenes, nutrición, veterinaria e incluso robótica.

Los productos se venden en más de 180 países y territorios en todo el mundo principalmente a través de los medios comerciales, tiendas de comestibles, tiendas de clubes, de membresía, farmacias, tiendas, grandes almacenes, salones de belleza y comercio electrónico. A nivel de investigación y desarrollo P&G invirtió:

**Tabla 2.** Valor de inversión en investigación y desarrollo

Año	Valor
2015	2.0 billones
2014	2.0 billones
2013	1.9 billones

En ventas totales, considerando los Estados Unidos y a nivel internacional, se tiene en billones:

**Tabla 3.** Total en ventas

Total Ventas	Estados Unidos	Internacional
2015	28.3	48.0
2014	28.3	52.2
2013	28.1	52.0

En activos, considerando los Estados Unidos y a nivel Internacional, se tiene en billones:

**Tabla 4**  
Total en activos

Total Ventas	Estados Unidos	Internacional
2015	65.0	64.5
2014	68.8	75.5
2013	68.3	71.0

La radical estrategia de innovación abierta de Procter & Gamble produce en la actualidad más de 35% de las innovaciones.

Lafley impuso en P&G, la meta de adquirir el 50% de innovaciones fuera de la empresa, de tal manera que la mitad de productos nuevos sean producidos en los laboratorios y la otra mitad únicamente pase a través de ellos.

Para Larry Huston, director de Innovación de P&G en la década de los años 2000, lo crucial era saber qué estamos buscando y dónde actuar.



**Figura 5.** Propósito de conectar y desarrollar.

Para enfocar la búsqueda de ideas, se basan en tres entornos:



**Figura 6.** Búsqueda de ideas en P&G.

P&G utiliza las redes propietarias cerradas y redes abiertas de individuos y organizaciones disponibles para cualquier empresa.

Dentro de las redes cerradas propietarias las más relevantes son:

Los *emprendedores de tecnología*, los cuales operan desde puntos estratégicos como China, Japón, Europa Occidental, Latinoamérica y Estados Unidos.

Los *proveedores* cuentan con un personal de I&D combinado, en algunos casos, los investigadores de los proveedores trabajan en laboratorios de P&G y en otros casos los investigadores de P&G trabajan en los laboratorios de los proveedores. Aquello es un ejemplo de lo que denominan “cocreación”, un tipo de colaboración que va más allá del típico trabajo en conjunto.

Dentro de las redes abiertas las más relevantes son:

Ninesigma es una empresa especializada en la conexión de compañías.

InnoCentive es intermediario en la solución de problemas científicos.

YourEncore conecta a científicos e ingenieros jubilados y de alto desempeño.

Yet2.com es intermediario en la transferencia de tecnología hacia adentro y hacia afuera de las empresas, universidades y laboratorios gubernamentales.

P&G también impulsa la cultura, una vez que una idea ingresa al proceso de desarrollo, es necesario que I&D, fabricación, investigación de mercado, marketing y otras funciones lo impulsen; existe un sistema de recompensas en especial para innovaciones que nacieron desde el exterior porque generalmente estas se mueven rápidamente desde la concepción hasta llegar al mercado. P&G trabaja intensamente para cambiar la cultura de las personas en especial para evitar la resistencia a lo “no inventado aquí” [6].

1) ¿Cómo utiliza P&G los sistemas de colaboración para ejecutar su modelo y su estrategia de negocios?

Los sistemas de colaboración que utiliza P&G están basados en la suite de productos de Microsoft. Los servicios proporcionados incluyen comunicaciones unificadas (que integran servicios para transmisión de voz, transmisión de datos, mensajería instantánea, correo electrónico y conferencias electrónicas), funcionalidad de Microsoft Live Communications Server, conferencias Web con Live Meeting y gestión de contenido con SharePoint.

P&G popularizó también el uso de herramientas como

Wiky y Blog; además de implementar una solución de Telepresencia.

A continuación se indica las herramientas de colaboración que utiliza P&G clasificándolas por categoría y beneficios.

**Tabla 5. Herramientas de colaboración de P&G**

Nº	Categoría	Herramienta colaborativa	Beneficios
1	Conferencias de audio y video.	Cisco Telepresencia	Ahorro en viajes. Flujo de ideas más eficientes [7].
		Video Conferencia	Proceso más rápido de toma de decisiones. Reducción de gastos.
		Conferencias electrónicas Web con Live	Ahorro de tiempo.
2	Escritura colaborativa, compartir archivos, revisión y edición colaborativa.	Meeting Microsoft Live Communications Server	Mayor y mejor comunicación. Mayor calidad de vida para los usuarios, mejor imagen de empresa y mayor fidelidad y capacidad de servicio con terceros.
		Microsoft Sharepoint	Plataforma de colaboración basada en web a nivel empresarial.
3	Mensajería instantánea	Connectbeam	Facilita a empleados la compartición de documentos y la colaboración en proyectos que utilizan documentos de Office.
		InnovationNet	Búsquedas más exhaustivas de información. Agregar sitios favoritos.
4	Correo electrónico	Web con Live Meeting Microsoft Live Communications Server	Etiquetar palabras descriptivas Redes sociales de compañeros. Base de datos documental que posee información de
		Microsoft Outlook	investigaciones en formato digital basado en navegador Web.
5	Programación de eventos	Microsoft Outlook	Comunicación eficiente.
			Comunicación eficiente.
			Planificación eficiente.

2) ¿Por qué algunas tecnologías de colaboración tardaron en ganar popularidad en P&G?

P&G estaba profundamente centralizada y enfocada hacia adentro, pero el incremento del comercio electrónico y la velocidad de desarrollo de las tecnologías que apoyan a un trabajo colaborativo, obligó a que P&G reinvente sus procesos y sobre todo a realizar un radical cambio en la cultura organizacional. P&G estaba convencida que el éxito no solo depende del conocimiento sino de cómo trabajan las personas.

“Para que un ecosistema empresarial funcione productivamente, tiene que desarrollarse una cultura de trabajo colaborativo. Este elemento es probablemente el más complejo de lograr, pues tiene como gran componente la cultura de los diversos agentes, sus procesos y un componente imprescindible que hace que esa cultura pueda fluir; esa es la tecnología”. La innovación y la colaboración no crecen donde la rutina abunda [7].

Para Joe Schueller, gerente de Innovación de la década de los años 2000, el correo electrónico fue el mayor culpable de que P&G no desarrolle prácticas comerciales colaborativas; aunque es una herramienta de comunicación no es una forma colaborativa de compartir información porque el flujo de ella está supeditada a los emisores.

Las tecnologías de colaboración implementadas en P&G tardaron en ganar popularidad, por la resistencia al cambio de su talento humano; les costaba mucho adaptarse al uso de nuevas herramientas; consideraban que estas tecnologías no contribuían a mejorar la eficiencia y eficacia de sus resultados.

P&G tuvo que ejercer mucha presión en la cultura para cambiar la mentalidad de las personas alejándolas de la resistencia a lo “no inventado aquí”. En un principio, los empleados estaban ansiosos porque Conectar y Desarrollar podría eliminar puestos o porque P&G podría perder capacidades.

3) *Compare los procesos anterior y nuevo para escribir y distribuir los resultados de un experimento de investigación.*

Los investigadores solían escribir sus experimentos mediante aplicaciones de Microsoft Office, para después imprimir las hojas y pegarlas, una a la vez, en las libretas.

Cuando los ejecutivos viajaban para reunirse con los gerentes regionales, no había forma de

integrar todos los informes y discusiones en un solo documento. Un ejecutivo pegaba los resultados impresos de sus experimentos en documentos Word y los distribuía en una conferencia. Otro introducía en forma manual sus datos y su discurso en diapositivas de PowerPoint y después enviaba por correo electrónico el archivo a sus colegas; terminando el archivo en varios buzones de correo individuales.

P&G estaba determinada a implementar métodos más eficientes y colaborativos de comunicación para suplantarse algunos de estos procesos obsoletos.

Utilizó Microsoft Sharepoint para la gestión de documentos y otra serie de productos de Microsoft para los servicios de comunicación unificada.

De esta manera los investigadores usan las herramientas para compartir los datos que han recolectado sobre varias marcas; los comercializadores pueden acceder con más efectividad a los datos que necesitan para crear campañas publicitarias dirigidas con más efectividad; y los gerentes pueden encontrar con más facilidad las personas y datos que necesitan para tomar decisiones de negocios críticas.

Ahora, el departamento de TI de P&G puede crear una página de Microsoft SharePoint en donde ese ejecutivo puede publicar todas sus presentaciones. Mediante SharePoint, las presentaciones se almacenan en una sola ubicación, al tiempo que son accesibles para los empleados y colegas en otras partes de la compañía. Hay otra herramienta de colaboración, llamada InnovationNet, que contiene más de 5 millones de documentos relacionados con investigaciones en formato digital, accesible a través de un portal basado en navegador web.

4) *¿Por qué es la telepresencia una herramienta de colaboración tan útil para una compañía como P&G?*

Los sistemas de telepresencia ayudan a P&G porque permiten no solo tener las características de un sistema de video conferencia sino que además posibilitan añadir las siguientes bondades: compartición de documentos, control de usuarios, biometría inteligente, seguridad informática, etc.

Entre las ventajas de utilizar sistemas de telepresencia están: transmisión de video en alta definición sin pixelación de las imágenes, audiodigital envolvente, simular presencia física de todos los participantes, gran disponibilidad del servidor.

Este tipo de características permiten a P&G mejorar su productividad, sobre todo porque ahorra tiempo y dinero al momento de tomar decisiones o mostrar los avances de un proceso investigativo.



Figura 7. Evolución de los sistemas de telepresencia [8].

Al encontrarse los investigadores y científicos que están distribuidos en diversos países del mundo la tecnología de telepresencia es ideal para administrar el conocimiento y experimentos que se realizan.

Las soluciones de telepresencia regularmente traen consigo un conjunto de herramientas colaborativas; es decir, constituye una solución unificada.

P&G implementó la tecnología CISCO de telepresencia como una herramienta complementaria a la solución Microsoft SharePoint que en cambio le permite administrar documentos, realización de blogs, wikis, etc.

Los sistemas de telepresencia permiten a los equipos remotos reunirse en cualquier momento y desde cualquier lugar, evitando viajes innecesarios y reduciendo así las emisiones de carbono; de esta manera estas soluciones contribuyen a una responsabilidad social corporativa y el uso de tecnología verde.

Los sistemas de telepresencia ofrecen máxima seguridad cuidando los datos proporcionados; permite integrarse entre plataformas, soluciones comerciales, equipos y aplicativos.

La arquitectura *Cisco Unified Communication*(UCM), destaca la interactividad entre salas inmersivas (sensación real de comunicación), dispositivos móviles e incluso terminales de Voz IP.

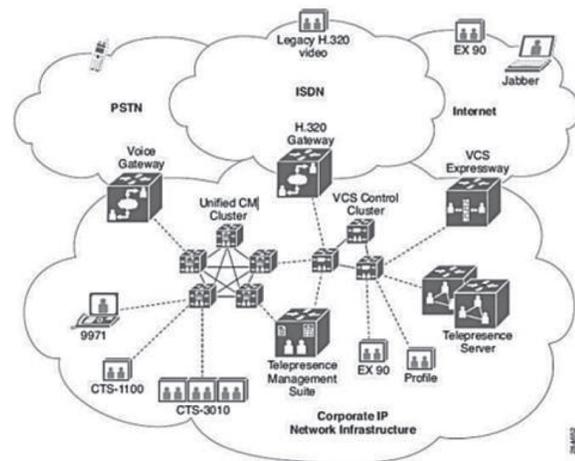


Figura 8. Arquitectura CTS de CISCO.

La arquitectura se centra en los protocolos, códecs de audio y video. *Cisco Telepresence System CTS* tiene varios componentes que permiten la comunicación con otros sistemas multimedia, equipos terminales, equipos de seguridad para mantener llamadas multimedia confiables.

*Cisco Telepresence Management Suite TMS*, es un software de gestión que se puede cargar en cualquier servidor, e integrarse con los sistemas de calendario como Microsoft Exchange, programarse conjuntamente con herramientas como Microsoft Outlook. TMS tiene una interfaz web que permite a los usuarios programar reuniones, así como agregar terminales de otros fabricantes. En la figura 9 puede observarse una sala de telepresencia tipo real.



Figura 9. Sala de telepresencia, tipo real.

5) ¿Puede pensar en otras formas en que P&G podría usar la colaboración para fomentar la innovación?

### *Web semántica*

P&G podría implementar e incentivar al personal de investigadores para que las publicaciones se basen en la semántica de la web 3.0 [9]. Es una web que puede demostrar cosas en el enfoque que la computadora pueda entender. El principal objetivo importante de la web semántica es hacer las web legibles por máquinas y no solo por los seres humanos.

La web actual es una red de documentos, de alguna manera como un sistema global de archivos. La WebSem es una plataforma descentralizada para conocimiento distribuido, RDF es un marco de descripción de recursos estándar para codificar conocimiento.

La WebSem necesita identificadores únicos globales que puedan ser asignados de manera descentralizada. El segundo aspecto clave de RDF es que trabaja muy bien para información distribuida. Esto es, las aplicaciones RDF pueden juntar archivos RDF publicados por diferentes personas alrededor de la Internet y fácilmente aprender de ellos nuevas cosas. Esto lo hace de dos maneras, primero enlazando los documentos que usen vocabularios comunes, y segundo permitiendo que cualquier documento use cualquier vocabulario. Esto permite una gran flexibilidad al momento de expresar hechos sobre una amplia gama de cosas, basándose en información de una gran variedad de fuentes.

La web semántica se basa en esas tres reglas [10]:

- Un hecho que es expresado de la forma (sujeto, predicado, objeto).
- Los sujetos, predicados y objetos son nombres dados para las entidades, sean concretas o abstractas en el mundo real.
- Los nombres están en el formato de URIs, las cuales son opacas y globales.

Esos conceptos forman la mayoría del modelo abstracto de RDF para codificar conocimiento.

El Lenguaje de Ontologías Web (OWL) (cuyo espacio de nombre es <http://www.w3.org/2002/07/owl#>) define más clases que permiten a los autores definir más del significado de sus predicados dentro de RDF. Cuatro clases de predicados definidos especialmente por el Len-

guaje de Ontologías Web incluyen (cada una de ellas es `rdf:subClassOf rdf:Property`):

```
owl:SymmetricProperty
owl:TransitiveProperty
owl:FunctionalProperty
owl:InverseFunctionalProperty
```

SPARQL [11] es un acrónimo recursivo del inglés SPARQL Protocol and RDF Query Language. Se trata de un lenguaje estandarizado para la consulta de grafos RDF, normalizado por el RDF Data Access Working Group (DAWG) del World Wide Web Consortium (W3C). Es una tecnología clave en el desarrollo de la web semántica que se constituyó como recomendación oficial del W3C el 15 de enero de 2008.

Web 4.0 es todavía una idea subterránea en progreso y no existe una definición exacta de lo que haría. Web 4.0 es también conocida como web simbiótica. El sueño detrás de la web simbiótica es la interacción entre humanos y máquinas simbiosis. Será posible construir más interfaces de gran alcance, tales como interfaces mentalmente controladas utilizando la web 4.0. En palabras sencillas, las máquinas serán inteligentes en la lectura de los contenidos de la web, y podrán reaccionar en la forma de ejecución y decidir lo que se ejecutará primero en cargar las páginas web con una calidad y rendimiento superior, y construir más interfaces al mando. Web 4.0 será la webescritura-ejecución-concurrencia. Se logrará una masa crítica de participación en redes en línea que ofrecen la transparencia del planeta, administración, distribución, la participación, la colaboración en comunidades clave, tales como la industria, política, social y otras comunidades. Web 4.0 o webOS serán tal como un middleware en el que comenzará funcionando como un sistema operativo. Los webOS serán paralelos al cerebro humano e implica una masiva red de interacciones altamente inteligentes.

Aún no hay una idea exacta acerca de la web 4.0 y sus tecnologías, pero es obvio que la web se está moviendo hacia el uso de la inteligencia artificial para convertirse en una red inteligente.

### *Análisis de sentimientos SA*

Otra estrategia que debería fortalecer P&G es el análisis de sentimientos como una técnica para entender qué es lo que piensan las personas en relación a los productos y marcas. Esta técnica

permite procesar la información acerca del criterio de rumor de las masas crowdsourcing.

En las redes sociales existen formas de expresar los sentimientos de diversas maneras, por ejemplo: textos cortos, emoticones, abreviaturas, terminología específica, jergas, etc.

Este tema se viene tratando desde el 2002 y, por ejemplo, en Twitter en los años 2013 y 2014 se desarrolló un trabajo basado en SA [12], cuya técnica está destinada al preproceso de los tweets (tokenizadores, lematizadores, analizadores morfosintácticos, desambiguadores morfosintácticos, detectores de entidades, detectores de aspectos). En la red existen herramientas como Tweetmotif, Freeling, que clasifican a los emoticones en categorías, por ejemplo: feliz, triste, lengua, guiño y otros. Para procesar las abreviaturas se debe normalizar de forma canónica, por ejemplo, para el significado de palabras: q->que, d->de, pq->por que, etc.; además este tipo de herramientas poseen técnicas para considerar agrupamiento de palabras para referenciar a lugares, nombres, hashtags. En el SA también se agregan tokens a una categoría gramatical y su inclusión en diccionarios.

En Twitter se agregaron 6 niveles de polaridad para medir el grado de satisfacción o rechazo de una opinión para expresiones negativas N, N+, para expresiones positivas P, P+, para neutras NEU y sin criterio NONE. Además para la clasificación se utilizan herramientas como WEKA y algoritmos como SVM para el aprendizaje automático y la clasificación de los niveles.

En SA también se pueden agregar al análisis entidades y aspectos; para lo cual se debe alimentar al diccionario de polaridad de palabras un conjunto de posibilidades de lo que puede escribir un cliente; por ejemplo, con respecto al uso de los productos para limpieza de cabello de la marca Head&Shoulders se tendrían: h&s, head, shoulders, de tal manera que el analizador lo pueda identificar y luego determinar la polaridad asociada al aspecto [13]; adicionalmente se pueden considerar la persona de quien viene una opinión, debido a que no es lo mismo que sea el criterio de un líder de opinión que de una persona que no está inmersa en el entorno del análisis.

P&G debería implementar proyectos de este estilo a fin de tener más grado de efectividad en las marcas que produce; también le puede servir para medir el nivel de aceptación de sus marcas; sin lugar a dudas este tipo de sistema se implementan sobre redes sociales o aplicaciones de re-

lación con clientes CRM; por ahora en P&G existen sitios de redes sociales por región.

Algunos lenguajes o librerías que pueden ser utilizadas para desarrollar sistemas SA son: Python, scikyt-learn y librerías externas LibSVM y LibLinear; también pueden utilizarse modelos como el de Bayes, arboles de decisión, máxima entropía, algoritmo de Turney.

Estos algoritmos están fundamentados en la contribución que realiza la inteligencia artificial (AI) a las técnicas de aprendizaje; en los cuales se parte de un conocimiento casi nulo y su crecimiento es progresivo con base en los experimentos que se van realizando o ejecutando.

Microsoft posee un monitoreo de sentimientos en la red, el cual le permite prever problemas antes de que se tornen insostenibles.

A nivel de Argentina existe la empresa Social Snack que está dedicada al análisis de sentimientos y ha tenido resultados en especial en el país de Chile.

Movistar filial de Chile posee una técnica mixta, en la cual se utiliza tanto un sistema SA canadiense llamado Radian6 como una persona para que analice y relacione los resultados y finalmente se valore lo que es bueno y lo que es malo.

A manera de ejemplo, la figura describe cómo se debería plantear una solución para un SA.

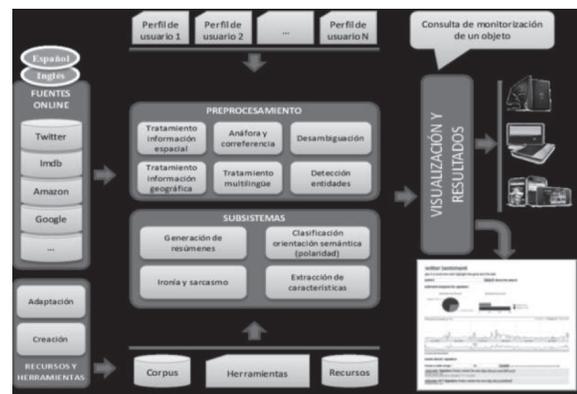


Figura 10. Agentes relacionados en un sistema de análisis de sentimientos.

### Otro tipo de herramientas

Adicionalmente P&G debería potenciar el uso del tipo de comercio electrónico B2B, G2B que al momento lo mantiene con algunas marcas como Walmart. Esto es debido a que existen empresas como Wal-Mart que poseen otro tipo de estrategias de posicionamiento de producto

y usan el concepto de comercio electrónico a todo nivel [1].

P&G podría utilizar herramientas colaborativas que sean compatibles con dispositivos móviles y tabletas a fin de que el trabajo individual de los investigadores sea compartido en instantes y los avances de un proyecto sean reflejados sin depender de una estación de trabajo. Estas herramientas tienen funcionalidades como: notas, fotografías, escritura a mano, archivos y demás utilidades que hacen que la productividad de las personas y equipos de trabajo sea más eficiente.

6) *¿Cuál sería la estrategia que usted implementaría con las herramientas colaborativas para las empresas pequeñas que no cuentan con un dominio?*

*Estrategia propuesta 1, basado en mejores prácticas*

Tomando en cuenta que las empresas van desarrollándose justamente por la aplicación de buenos métodos, técnicas y herramientas, la estrategia que desarrollaría sería la siguiente:

Por tratarse de la implementación de una nueva línea de servicio o producto, se propondría al CEO la elaboración de un Plan de Negocio; el cual determina los planes de operación, recursos humanos, distribución, almacenamiento, servicio al cliente y facilidades logísticas; además que establece las necesidades financieras, aporta con un estado de pérdidas y ganancias proyectadas, un análisis de flujo de fondos y finalmente unas conclusiones y comentarios. Este plan permitirá responder las siguientes preguntas: ¿dónde estamos ahora?, ¿hacia dónde vamos?, y ¿cómo lo alcanzaremos?

La metodología de Plan de Negocios ayuda a enfocar el futuro, ampliar el pensamiento, analizar el mercado potencial y a obtener financiamiento externo o crédito de proveedores, en caso de ser necesario.

El plan contiene un resumen ejecutivo, donde consta la definición del producto o servicio, señalando las bondades para el usuario; el resumen del mercado, el plan de mercadotecnia a aplicar; el proceso de producción y la tecnología requerida; la estructura organizacional y los recursos humanos; temas económicos y financieros de interés y el plan de implementación [14].

Luego de haber realizado el Plan de Negocios, el siguiente paso sería la ejecución de las fases del proyecto de implementación basado en la Guía para la Dirección de Proyectos Pmbok.

Por último utilizaría Cobit y ValIT para este caso de negocio, el cual permite responder a cuatro interrogantes: ¿estamos haciendo lo correcto?

¿Lo estamos haciendo correctamente?

¿Lo estamos logrando bien?

¿Estamos obteniendo los beneficios?

Los casos de negocio de ValIT, consiste en ocho pasos:

Paso 1. Elaboración de una hoja de datos con todos los datos relevantes, seguida por un análisis de los datos relativos.

Paso 2. Análisis de alineación.

Paso 3. Análisis de beneficios financieros.

Paso 4. Análisis de beneficios no financieros.

Paso 5. Análisis de riesgo.

Paso 6. Evaluación y optimización del riesgo / rendimiento de la inversión posibilitada por TI.

Paso 7. Registro estructurado de los resultados de los pasos anteriores y documentación del caso de negocio.

Paso 8. Revisión del caso de negocio durante la ejecución del programa, incluyendo todo el ciclo de vida de los resultados del programa [15].

*Estrategia propuesta 2, enfocada a negocios básicos*

La técnica de la matriz de tiempo/espacio, se enfoca en dos dimensiones de colaboración tiempo y espacio.

**Tabla 6.** Matriz de tiempo y espacio

	Mismo tiempo Sincrónicas	Diferente tiempo Asincrónicas
Mismo lugar Colocadas	Interacciones cara a cara	Tarea continua
Distinto lugar Remotas	Interacciones remotas	Comunicación + coordinación

**Fuente:** Sistemas de Información Gerencial, Laudon Kenneth C, Laudon Jane P.

Pasos:

Ubicar a la empresa en la matriz de tiempo y espacio.

En cada celda de la matriz indique los tipos de soluciones que hay disponibles en el mercado, productos con sus distribuidores.

Analice cada uno de los productos en términos de costo y beneficio.

Identifique los riesgos para la seguridad y vulnerabilidad de cada uno de los productos.

Acuda a expertos en cuestiones de implementación y capacitación de este tipo de herramientas.

Haga la selección de las posibles herramientas e invite a distribuidores para que realicen presentaciones.

### *Herramientas disponibles en el mercado*

A través de Internet, la información de su empresa es accesible desde cualquier lugar, lo cual posee algunos beneficios como el ahorro de tiempo y de programas innecesarios en su computador. Normalmente se tiene que pagar una suscripción y no se tiene la necesidad de adquirir servidores.

Por temas de seguridad, las empresas han optado por tener una nube híbrida, en la que las aplicaciones sean software, como un servicio SaaS, mientras que la información confidencial y de respaldo se guarde en servidores inhouse.

Según la revista Forbes, el mercado de servicios Cloud para pequeñas y medianas empresas proyecta un crecimiento de USD 25.2 billones de dólares. Actualmente más del 79% de las pymes tienen una opción positiva de los proveedores actuales de la infraestructura como un servicio IaaS.

Es así que el 63% de estas empresas han pensado en adoptar soluciones de e-mail software colaborativo en los próximos 12 meses, mientras que el 56% se inclina por comercio electrónico web y el 55% apunta a herramientas de oficina y productividad [16].

### *Software existente en la red*

Si bien es cierto el dominio permite dar a una organización una presencia en la red de internet, sin embargo no limita a que se posea un dominio a nivel de la intranet; permitiendo de esa manera aprovechar las bondades del uso de un browser.

Para las empresas pequeñas la opción sería el uso de redes sociales y tecnologías colaborativas de uso libre. Redes sociales como Facebook, Twitter, tecnologías de colaboración en temas de documentación como Dropbox, Twiki, Word+email, Google Docs, Office Live. En temas de gestión de notas de diferente medio tenemos por ejemplo a Evernote y Springpad [17].

La suite de colaboración Zimbra ZCS [1] es un paquete de software de mensajería y comunicaciones de código abierto, posee correo electrónico, lista de contactos, agenda compartida, mensajería instantánea, documentos hospedados, búsqueda y VoIP en un solo paquete.

En ERP/CRM a nivel de código abierto se tiene ODOO, software peculiar que se basa en open source, lo que le da acceso a cualquier persona de acercarse a su código fuente, copiarlo y generar un nuevo programa personalizado a sus necesidades, NubeaERP es una particularidad de su personalización, el cual posee módulo de ventas, compras, gestión de almacenes, facturación electrónica, gestión de proyectos, contabilidad y finanzas e inteligencia de negocios.

A nivel del cuadrante de Gartner las cuatro empresas líderes de ERP/CRM son: Salesforce, Lithium Technologies, Sap y Mplsystems.

En temas de video conferencia o mensajería instantánea tenemos herramientas como Skype, Beluga, Hangouts.

Elastix es un software ecuatoriano para comunicaciones unificadas, el cual cuenta con 10 oficinas a nivel mundial [16].

### *Implementación de soluciones personalizadas*

Existen avances en el uso de software libre para este tipo de herramientas que podrían implementarse, la aparición de WebRTC Web de comunicaciones en tiempo real y la ubicuidad de los navegadores que lo soportan brinda a las organizaciones oportunidades para el mundo del desarrollo web y la interacción con otros sistemas abiertos.

WebRTC, pone bidireccionales capacidades de transmisión de medios en el navegador web y proporciona una API para gestionarlos (iniciar y detener las llamadas) desde el JavaScript incrustado en cualquier página web.

La tecnología ha sido pionera en los dos principales navegadores, Mozilla Firefox y Google Chrome.

Hubo cierta inestabilidad en los primeros años de WebRTC pero desde mediados de 2014, la tecnología se ha estabilizado significativamente.

WebRTC proporciona un mecanismo para la transmisión multimedia peer-to-peer (audio o vídeo).

Tanto SIP como XMPP son protocolos que la IETF ha documentado como estándar para comunicaciones en tiempo real XMPP a veces es

referido como Jabber. Los dos pueden hacer llamadas telefónicas, video llamadas y mensajería instantánea; la tendencia es utilizar SIP para voz y usar XMPP para mensajería instantánea.

En software libre existen soluciones que están desarrollándose como.

**Lumicall.-** Aplicación gratuita y conveniente para las llamadas telefónicas cifradas de Android. Utiliza el protocolo SIP para interoperar con otras aplicaciones y sistemas telefónicos corporativos. Lumicall es software libre licenciado bajo la versión 2.0 Licencia Pública General de GNU.

**JSCommunicator.-** API de alto nivel, para comunicaciones de voz WebRTC basada en SIP, video y chat en la web [18].

### *Administración del conocimiento*

Las empresas pequeñas pueden utilizar software de minería de texto que está disponible en línea o se puede contratar tipos de software hospedado como el Clarabridge que posee versiones para pymes. Existen “plataformas de escucha” como Nielsen Online que se enfocan en la administración de marcas para permitir a las empresas determinar cómo se sienten los clientes en cuanto a su marca y tomar acciones en caso de sentimientos negativos.

Instapaper permite almacenar webs a través de la barra de favoritos de nuestro navegador (funciona también para los navegadores de iPhone, de iPad y de Android) para luego consultar las distintas URLs desde la página principal de Instapaper. De manera sencilla y desde cualquier navegador podremos tener siempre a mano una serie de enlaces interesantes para el proyecto o trabajo que nos traigamos entre manos, además, si compartimos la contraseña de una cuenta común podemos tener un repositorio de enlaces donde todo el mundo en el equipo puede ir añadiendo temas de interés, favoreciendo mucho el *brainstorming* y la lluvia de ideas.

También las empresas pueden utilizar las herramientas RSS que permite obtener un resumen de sitios complejos, la cual extrae información específica de sitios web y lo transmite de manera automática a computadores personales de los usuarios para que lo puedan revisar en cualquier momento.

El software Innova.net [20] también es una buena opción porque se lo puede implementar a nivel de la intranet brindando muchos beneficios en especial para manejar una comunicación

adecuada a nivel de toda la organización; entre sus principales aplicaciones tenemos: Mensajes del CEO, Misión corporativa, Administración y gestión de documentos electrónicos, Novedades e Información importante de la compañía, Actualizaciones y novedades de productos, Campañas publicitarias en curso, Directorio de la organización, Políticas y procedimientos, Manuales y formas del empleado, Boletín de noticias y novedades, próximos eventos, cumpleaños y aniversarios, oportunidades de trabajo, promociones

Adicionalmente existen en la red sistemas tipo CRM, PRM y ERM [1] que también pueden ser utilizados por las empresas para administrar tanto a sus clientes, proveedores y mejorar la relación con los colaboradores de la empresa.

### *Otro tipo de herramientas colaborativas*

De acuerdo a PMI en un proyecto se tiene un porcentaje de dedicación a procesos de comunicación de un 75% y 90%.

Para este propósito también existen herramientas colaborativas disponibles en línea como por ejemplo:

**JIRA.-** Está diseñado para que todos los miembros de tu equipo de software puedan planificar, realizar seguimientos y publicar un magnífico software.

**ActiveCollab.-** Es una herramienta muy fácil e intuitiva. De forma muy ágil, el gestor del proyecto crea hitos y tareas y las asigna a los miembros del equipo. A partir de ahí se pueden mantener comunicaciones y avisos, e intercambiar ficheros cómodamente. Además, permite escribir y responder desde tu correo sin haber entrado en el sistema.

**Asamblea.-** Es una herramienta ideal si se habla de gestión de proyectos de desarrollo. El elemento clave es el sistema de tickets que son asignados a cada miembro del equipo. Cada ticket incorpora información detallada como el nivel de complejidad y las horas de trabajo. Destaca por sus funcionalidades de Reporting, que incluyen informes muy útiles para gestionar plazos y recursos.

**Basecamp.-** Es seguramente la más sencilla e intuitiva. Tiene un diseño impecable, su interfaz visual permite rápidamente revisar discusiones, tareas y ficheros. Incluye también un time-line y un calendario. Es posible responder a las discusiones desde el *email* (sin haber accedido al sistema).

Central Desktop.- Es una buena herramienta de trabajo en la nube. Su principal ventaja es que está muy orientada al trabajo en tiempo real, ya que ofrece mensajería instantánea, edición de documentos online y conferencia web en tiempo real.

Confluence.- Es una herramienta ideada para facilitar el intercambio de documentación, información y archivos. Aporta un alto nivel de organización para grandes proyectos u organizaciones. Destaca también por su integración con Microsoft Office.

Kapost.- Es un software de gestión editorial perfecto para los bloggers y escritores que trabajan en colaboración. Se trata de una sala de publicación virtual donde los usuarios pueden presentar un concepto para que lo apruebe un editor. Hay tres tipos de usuarios: editores, colaboradores y suscriptores. Los editores pueden aprobar, asignar y rechazar las ideas presentadas.

Producteev.- Funciona como una lista de tareas online que avisa en tiempo real de lo que está pasando a través del correo, mensajería instantánea o iPhone. Los jefes de equipo pueden crear un espacio de trabajo virtual, invitar a colaboradores, crear tareas y asignarlas a las personas, añadir los plazos y generar el informe de productividad.

Teambox.- Es, al igual que BaseCamp, una de las herramientas más fáciles e intuitivas de usar. Es muy útil para organizar proyectos colaborativos. Ayuda a gestionar muy fácilmente la importancia y prioridad de las tareas, y permite que los usuarios envíen actualizaciones sobre el progreso del proyecto.

TeamLab.- Es una plataforma de gestión gratuita para las empresas de pequeño y mediano tamaño. Trabajar con TeamLab es como tener una red social en la empresa: puede crear entradas de blog que toda la empresa puede ver.

Tiene además otras características sociales, como anuncios, encuestas para recabar la opinión pública, y muchas otras. Los miembros pueden incluso iniciar sus propios debates en los foros, y cualquier miembro de la empresa puede seguir las actividades o temas que le interesan. Otra característica notable es su chat interno.

Colabtive.- Es la alternativa open source a herramientas propietarias como esta. Permite importar desde Basecamp e incluye funciones similares como la gestión de diferentes proyectos, los Milestones y las listas de tareas. También mide el tiempo dedicado a las tareas, emite informes y cuenta con varios plugins para extender sus funciones.

Project HQ.- También similar a Basecamp, Project HQ está construido sobre Python, Pylons y SQLAlchemy, y su base de datos es totalmente independiente. Gestiona distintas compañías, miembros y proyectos y cuenta con minestrones y listas de tareas.

TeamWork.- Una excelente interfaz para una herramienta online que permite hacer un seguimiento de distintos proyectos y equipos de trabajo, con una versión optimizada para acceder desde móviles. Tienen licencias gratuitas para organizaciones sin ánimo de lucro y bloggers.

IceScrum.- Tiene la misma interfaz para todos los roles, incluye registros de historias de usuario (backlogs), de asuntos, de problemas y pruebas, chat en línea e indicadores de producto para hacer un seguimiento de los distintos proyectos y equipos de trabajo, con una versión optimizada para acceder desde móviles. Tiene licencias gratuitas para organizaciones sin ánimo de lucro y bloggers.

*Análisis de la situación ecuatoriana en relación a gobierno electrónico, innovación y gobierno colaborativo.*

El Ecuador está adscrito desde el 2007 al acuerdo internacional establecido por 22 países en la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico, en este instrumento se establecen los conceptos, valores y orientaciones para que los estados puedan implantar, consolidar y fortalecer de manera eficiente la administración electrónica en sus territorios.

El gobierno electrónico según la definición de las Naciones Unidas, se refiere al uso de estas nuevas tecnologías por parte de las instituciones de gobierno para mejorar cualitativamente los servicios e información que se ofrecen a las ciudadanas y ciudadanos, aumentar la eficiencia y eficacia de la gestión pública e incrementar sustantivamente la transparencia del Estado y la participación ciudadana [21].

El gobierno electrónico constituye la oportunidad de dar respuestas al reto de conseguir una gestión pública más eficiente y de establecer pautas de colaboración.

Los objetivos principales de esta carta están relacionadas con la preparación de las administraciones públicas, planificación de gobierno electrónico, transformación de las administraciones públicas, la interoperabilidad de servicios, usabilidad de sistemas y programas, la inclusión

digital, integración de procesos y servicios, despliegue de las infraestructuras.

El Ecuador ha desarrollado de manera inicial el Plan Nacional de Gobierno Electrónico, la Secretaría Nacional de Administración Pública (SNAP) es el ente rector de esta materia y su fin es canalizar soluciones para la ciudadanía, apalancadas en el uso estratégico de las TIC.

El Plan Nacional de Gobierno Electrónico tiene los siguientes proyectos principales: interoperabilidad, levantamiento, optimización, homologación y automatización de procesos sustantivos y ventanilla única, botón de pagos, plataforma de autenticación única, estrategia única de gestión, página web homologada, portal Ecuador, arquitectura TIC del Estado, centro de servicios gubernamentales, sistemas transversales, plataforma de seguridad de la información, datos abiertos y privados, big data y plataforma de capacitación.

### *Innovación mundial y regional*

Según la Real Academia Española la innovación se define como “la creación o modificación de un producto y su introducción en un mercado”, el Foro Económico Mundial la entiende como “el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país”.

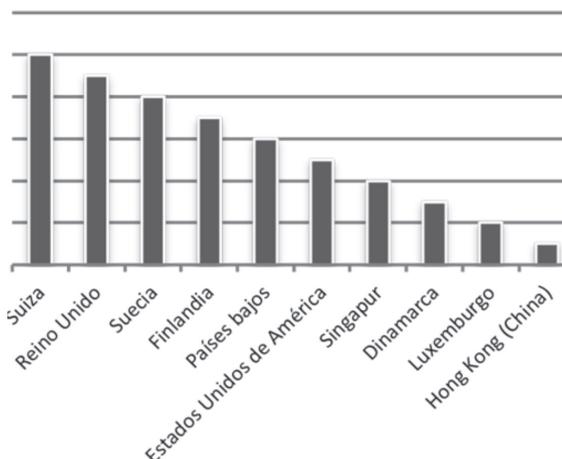
En el ranking mundial del año 2014, se analizaron 143 economías del mundo, por medio de 81 indicadores, con los que se evalúa tanto sus capacidades como sus resultados cuantificables en el campo de la innovación. Suiza, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y Suecia ocupan los primeros puestos.

Los países que encabezan el ranking muestran fortalezas en aspectos como infraestructura de la innovación, el desarrollo empresarial y los resultados de la innovación; además que han desarrollado esfuerzos para optimizar la calidad de sus recursos humanos a través de la educación y el aprendizaje en ciencias, ingenierías, negocios y administración.

A nivel de Latinoamérica y el Caribe los tres países con mayor índice de innovación son: Barbados, Chile y Panamá. A nivel de América del Norte son: Estados Unidos de América y Canadá.

A nivel de Asia/Centro y Sur lidera la India; a nivel de Asia/Sudeste y Oceanía lidera Singapur; a nivel del norte de África lidera: Israel y del África Subsahariana Mauricio.

### Top 10 de innovación a nivel mundial



**Figura 11.** Top 10 de innovación a nivel mundial.  
**Subtítulo:** Potencial de innovación en el Ecuador.

El gran desafío para el Gobierno nacional es innovar los servicios, la Constitución del Ecuador reconoce el derecho de la ciudadanía a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato.

La innovación de los servicios se logra con la aplicación de cambios en:

- Los procesos de gestión que se emplean para los servicios.
- Los procesos de producción de los servicios.
- Los procesos y estructuras organizativas detrás de los servicios.
- Los procesos comunicacionales de los servicios.

La investigación continua en los procesos de oferta demanda de los servicios públicos es la fuente fundamental para el desarrollo de innovaciones. La innovación se puede encontrar en las instituciones del Estado cuando se realizan actividades con enfoque en *gobernanza colaborativa*. Su principal resultado es la estructuración de servicios públicos 2.0 cuya visión de gobierno abierto favorece la participación de la ciudadanía y la colaboración interinstitucional [17].

La SNAP indica que actualmente se está desarrollando una solución de tecnologías de la información y comunicación TIC que permita ejecutar importantes procesos de extracción, almacenamiento y procesamiento de información para poder tomar decisiones de innovación de los servicios.

La premisa de innovación en el sector público es la simplificación o eliminación de trámites; es así que, por ejemplo, una de las más recientes instrucciones desde el gobierno es la obligación para que todas las instituciones públicas implementen en sus instituciones las acciones necesarias para que se acepte el dinero electrónico como un medio de pago en las transacciones que tengan costo para el ciudadano.

El Banco Central del Ecuador puso a disposición de la ciudadanía desde finales del año 2014, la Plataforma de Dinero Electrónico (PDE), la cual es una solución que posee un conjunto de componentes de hardware y software que permiten operar y controlar todas las transacciones y movimientos del Sistema de Dinero Electrónico.

Con esta solución se pueden realizar transacciones monetarias a través del teléfono móvil.

El proyecto Movilmático del Banco del Pacífico beneficia a los más de 200.000 clientes, ahora cuentan con una opción ágil para hacer transacciones bancarias desde teléfonos celulares con internet.

La Corporación Financiera Nacional (CFN), desarrolló el portal empresarial de la región “Conexión y Negocios” fue implementada con la estructura de una red social empresarial (web 2.0), enfocada en las pequeñas y medianas empresas. Los empresarios registrados pueden acceder a un gran directorio validado por país, sector y subsector; así mismo puede crear su propia red social, contactarse con proveedores y clientes a través de un muro de contactos, crear sus propios catálogos virtuales, acceder a servicios gratuitos en línea y promocionar sus ofertas empresariales.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), implementó dos mega data center uno en la ciudad de Quito y otro en la ciudad de Guayaquil. Esta infraestructura permite a la empresa ofrecer y aumentar su portafolio de servicios, entre otros el de operación virtual de centro de datos, alojamiento de servidores y aplicaciones, servicios de computación en la nube (infraestructuras, plataformas, software como servicios), comunicaciones unificadas (colaboración, mensajería, presencia), servicios de procesamiento de información y datos. Actualmente ofrece los servicios de Cloud Computing y Centro de Datos a: Ministerio de Coordinación de Conocimiento y Talento Humano, Ministerio de Educación, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Ministerio de Agricultura y Ganadería, SNAP, Agencia Nacional de Transito, entre otros.

El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y el Banco del IESS, ha trasladado varios de sus trámites al hogar, trabajo o cualquier lugar donde estén los afiliados y jubilados para así evitar que realicen largas filas, tal como el caso de los préstamos quirografarios que se realizan a través de una plataforma electrónica.

El Ministerio del Ambiente de Ecuador, creó el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), una plataforma virtual que se alimenta de la información que generan las diferentes dependencias del Ministerio, cuenta con políticas, normas y procedimientos para estandarizar los datos que contiene; adicionalmente tiene un módulo de inteligencia de negocios que busca generar variables, indicadores, tableros de control y reportes gerenciales.

El Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana desarrolló un sistema de consultas virtuales el cual facilita los trámites de ciudadanos residentes en el exterior; mediante este sistema los ecuatorianos ya no tienen que acudir al Consulado para hacer sus trámites, lo hacen vía internet.

El Ministerio de Relaciones Laborales, apuesta a una gestión en línea, varios trámites ahora se los puede realizar a través de su página web, las 24 horas, los 365 días del año, de manera gratuita.

El Registro Civil avanza a pie firme en la implementación de trámites electrónicos, en el 2013 el Servicio Electrónico de Consulta de Datos permitió canalizar 65 millones de consultas; además tiene dos proyectos interesantes que permitirán con tecnología RFID evitar la suplantación de identidad y evitará que se solicite la copia de cédula para realizar trámites públicos.

El Servicio Nacional de Aduanas del Ecuador (SENAE), permite a los operadores de comercio exterior hacer sus trámites a través de internet y usan una firma digital, gracias a la plataforma tecnológica de Ecuapass, los trámites aduaneros se cumplen de una manera ágil, transparente y en menor tiempo.

La Vicepresidencia de la República del Ecuador y la Secretaría Técnica de Discapacidades desarrolló un sistema innovador que promueve la inclusión de las personas con discapacidad, tanto auditiva como visual.

La SNAP ha articulado soluciones de gobierno colaborativo instrumentando herramientas como: gobierno por resultado GPR para todas las instituciones de la administración pública, sistema de gestión documental Quipux, que permite generar

documentos y firmarlos electrónicamente, reduce el uso de papel y agiliza la gestión pública.

La simplificación de trámites es de obligatorio cumplimiento para las instituciones del sector público que responden al Gobierno central.

A nivel del Gobierno nacional se ha fijado un conjunto de indicadores en relación al tema de e-government y en su plan contempla lo siguiente:

En el gobierno electrónico existen tipos de relaciones como las siguientes:

Gobierno – Ciudadano G2C, Gobierno – Gobierno G2G, Gobierno para el sector productivo G2B, Gobierno – Sector Público G2E.

Indicadores para Gobierno cercano:

- Número de cursos virtuales existentes.
- Número de servicios en línea.
- Número de servicios en línea ofertados a través de un portal único.

Indicadores de Gobierno abierto:

- Índice de cumplimiento de publicación de información según la LOTAIP.
- Número de instituciones con conjunto de datos abiertos.
- Número de servicios en línea que cuentan con conjunto de datos abiertos.

Indicadores de Gobierno eficaz y eficiente

- Porcentaje de instituciones que usan los sistemas gubernamentales.
- Porcentaje de instituciones públicas que publican servicios web para consumo de otras instituciones con estándares de interoperabilidad.

El objetivo del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013–2017 es asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica.

Las metas relacionadas con este objetivo del plan y que están en relación con el uso de TIC son:

El índice de gobierno electrónico en Ecuador de acuerdo a la Secretaría Nacional de Información (SIN), ha ido mejorando desde el 2010 y se espera alcanzar la meta del 0.65 para el año 2016.

Este índice mide la disposición y la capacidad de las administraciones nacionales para utilizar la información y las comunicaciones con la finali-

dad de prestar servicios públicos a través de medios electrónicos.

Su forma de cálculo viene expresada en la siguiente fórmula:

$$IDGE = \frac{1}{3} * (ISL) + \frac{1}{3} * (IIT) + 1/3(IKH) \quad (1)$$

IDGE = Índice de desarrollo de gobierno electrónico.

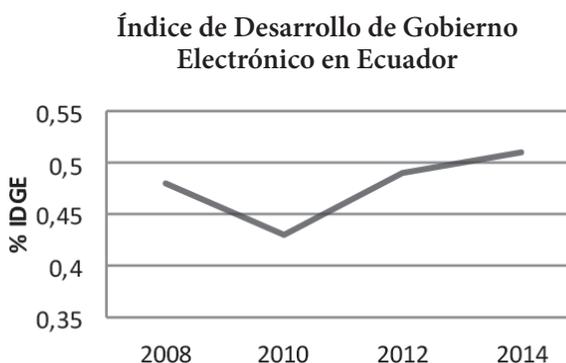
ISL = Índice de servicios en línea.

IIT = Índice de infraestructura de telecomunicaciones.

IKH = Índice de capital humano.

**Tabla 7.** Índice de *gobierno electrónico en Ecuador*

Año	2008	2010	2012	2014
Valor	0,48	0,43	0,49	0,51



**Figura 12.** Índice de *gobierno electrónico en Ecuador*.

El índice de digitalización mide el nivel de adopción y uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) del país y sus múltiples impactos en el ámbito socio económico (crecimiento económico, creación de empleo, reducción de la pobreza, innovación entre otros). El índice mide cuatro estados de desarrollo en términos de la digitalización (limitado, emergente, transicional y avanzado). La meta es alcanzar un índice de 56,4 para 2017.

La fórmula de cálculo de este índice está basada en un modelo econométrico especificado para medir la contribución de la digitalización al crecimiento económico, el cual se basa en la función de producción Cobb-Douglas.

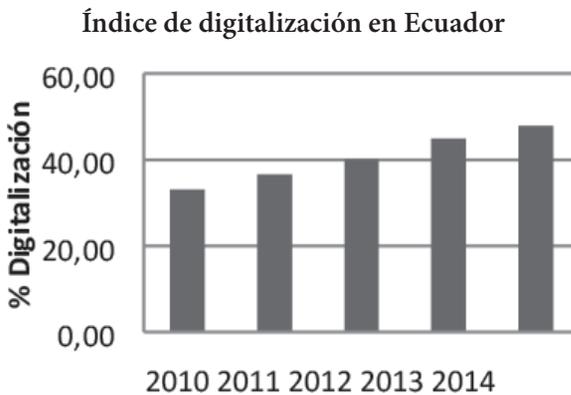
$$(t) = (t)(t)alL(t)2 \quad (2)$$

Donde:

A(t) = Representa el nivel de digitalización.  
 K(t) = Corresponde al nivel de formación de capital fijo.  
 L(t) = Corresponde al nivel de fuerza de trabajo.

**Tabla 8.** Índice de digitalización en Ecuador

Año	2010	2011	2012	2013	2014
Valor	33,07	36,68	40,15	44,95	47,82



**Figura 13.** Índice de digitalización en Ecuador

El índice de personas que usan TIC se define como el número de personas mayores de 5 años de edad que utilizan tecnologías de la información y comunicación (TIC) expresado como porcentaje del total de personas del mismo rango etario. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$PPUTIC's = 100 * PUTIC's_{\geq 5} / P_{ob_{\geq 5}} \quad (3)$$

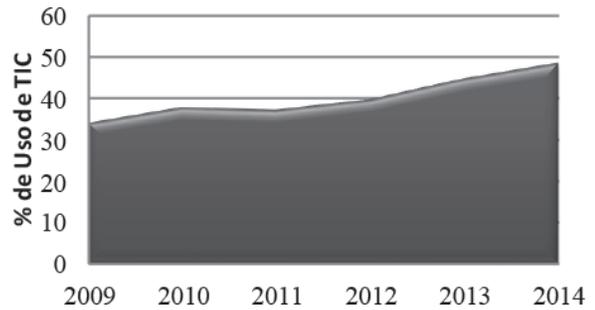
Donde:

PPUTIC's = Porcentaje de personas que usan las TIC  
 PUTIC's<sub>≥5</sub> = Personas de 5 años y más que usan las TIC  
 P<sub>ob<sub>≥5</sub></sub> = Población total de 5 años de edad y más  
 La meta es alcanzar un índice de 82% para 2017.

**Tabla 9.** Índice de personas que usan TIC en Ecuador

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Valor	34,02	37,80	37,17	39,79	44,79	48,58

**Porcentaje de personas que usan las TIC en Ecuador**



**Figura 14.** Índice de personas que usan las TIC en Ecuador.

*El marco regulatorio del gobierno electrónico*

Existe un abanico de normas, leyes y acuerdos que rigen al gobierno electrónico en nuestro país, entre las principales tenemos las siguientes:

- Acuerdo de Constitución y operación del Observatorio de Gobierno Electrónico.
- Acuerdo 166, Esquema de seguridad de la información.
- Decreto Ejecutivo 149, Gobierno Electrónico y Simplificación de Trámites.
- Ley de Comercio y Gobierno Electrónico.
- Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
- Normativa de calidad.
- Normativa de estandarización de sitios WEB.
- Normativa de gobierno de TI.
- Normativa de interoperabilidad.
- Normativa de identidad digital única.
- Normativa de usabilidad.
- Normativa de utilización de nube.

## Conclusiones

El concepto de innovación abierta aún es un tema que está en desarrollo y todavía no existen normas establecidas o comunidad en esta área; en el contexto de estudios de ciencia, tecnología y sociedad la estrategia de I + D + i sin lugar a duda es el camino que deben tomar las organizaciones.

Las empresas que desean abrir mercados están obligadas al uso del comercio electrónico global pero este salto obedece a realizar inversión en herramientas que aporten a la generación de valor en la organización.

Conectar y Desarrollar es uno de los ejemplos de éxito de la plataforma web 2.0, que está liderado por P&G, más de un 35 por ciento de los nuevos productos de P&G en el mercado tuvieron elementos que se originaron en el exterior.

Conectar y Desarrollar debe ser impulsado por los líderes máximos en la organización y debe hacer de ella una estrategia y prioridad explícita de la empresa.

La sabiduría de las masas crowdsourcing y el análisis de sentimientos SA, sin duda contribuye a que las organizaciones consigan entender lo que el cliente desea.

Las grandes empresas dedicadas a la implementación de redes sociales y al análisis de sentimientos, de manera inevitable tienen que implementar el concepto de big data, ello obedece a la gran cantidad de datos que deben procesar desde distintas fuentes y sitios geográficos.

Las soluciones de computación en la nube están en constante crecimiento y depende de las organizaciones su análisis e implementación en función del tipo de información que mantienen.

El comercio electrónico cada vez va tomando más fuerza debido a que permite ganar clientes dentro de la venta directa sin que implique una gran inversión en procesos de distribución o los puntos de venta al menudeo; además que brinda la oportunidad para que las empresas a través de estos canales digitales puedan posicionar productos y servicios al consumidor.

El gobierno electrónico constituye una oportunidad para que las empresas públicas trabajen en el desarrollo de sistemas colaborativos porque sin duda en el ámbito público existen datos que están almacenados en diferentes plataformas tecnológicas de distinta institución pero que son necesarios para obtener información para trámites del ciudadano.

El gobierno móvil (mGovernment) puede considerarse una estrategia de inclusión económica y financiera, el reto de los gobiernos está en la generación de incentivos para el uso de estas tecnologías, tomando en cuenta que cada día la mayoría de los ciudadanos están conectados a sus dispositivos móviles.

Las herramientas de colaboración en este tiempo son de uso imprescindible y existen tanto comerciales como de uso libre; las empresas necesariamente deberán seguir un proceso metodológico para seleccionar cuál es la que más se ajusta a sus necesidades.

## Bibliografía

- [1] Laudon Kenneth C, Laudon Jane P. (2012). “*Sistemas de Información Gerencial*”, 12a. ed., Ed. Pearson Educacion, pp. 40-77; 373-383.
- [2] P&G Cía. (2015). Annual Report. Presented at 2015 Annual Report [Online]. Available: <http://www.pginvestor.com>
- [3] Lafley A.G, Chairman and CEO, Procter & Gamble Innovation at Procter & Gamble. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=xvIUSxXrffc>
- [4] Ozkan, N. N. (2015). An Example of Open Innovation: P&G. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 1496-1502.
- [5] McDonald Robert, Chairman and CEO, Innovation Strategies at Procter & Gamble. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ycMXZDybh1w>
- [6] Larry Huston y Nabil Sakkab, Conectar y desarrollar dentro del nuevo modelo de innovación de Procter & Gamble. [Online]. pp. 3-10
- [7] Graham, C. R. (2015). Tecnología al servicio de la empresa y de la sociedad. *Interfases* (1), 7-17.

- [8] Guaygua Reyes, P. F. (2015). Diseño de un sistema de fibra óptica y de un sistema de telepresencia para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA).
- [9] Aghaei, S., Nematbakhsh, M. A., & Farsani, H. K. (2012). Evolution of the world wide web: From WEB 1.0 TO WEB 4.0. *International Journal of Web & Semantic Technology*, 3(1), 1.
- [10] <https://semantizandolaweb.wordpress.com/2011/11/07/que-es-rdf-y-para-que-es-bueno/>
- [11] [http://www.nosolousabilidad.com/articulos/user\\_engagement.htm](http://www.nosolousabilidad.com/articulos/user_engagement.htm)
- [12] Pla, F., & Hurtado, L. F. (2013, September). ELiRF-UPV en TASS2013: Análisis de sentimientos en Twitter. In XXIX Congreso de la Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural (SEPLN 2013). TASS (pp. 220-227).
- [13] Hurtado, L. F., & Pla, F. (2014, October). ELiRF-UPV en TASS 2014: Análisis de sentimientos, detección de tópicos y análisis de sentimientos de aspectos en twitter. In Proc. of the TASS workshop at SEPLN (pp. 16-19).
- [14] Gary Flor García, “Guía para elaborar planes de negocios” 1ed., Gráficas Paola, 2006. pp. 15-35.
- [15] IT Governance Institute, VallIT, Valor para la empresa, “Buen gobierno de las inversiones en TI”, 2006, pp. 1-13.
- [16] Computer World, (2015, Julio) Software tendencias [Online]. 276, pp. 56-57; 62-96 Available: <https://issuu.com/ekosnegocios/docs/cw276> webok/1?e=3663958/14239314
- [17] Dishaw, M. T., Eierman, M. A., Iversen, J. H., & Philip, G. (2013). An examination of the characteristics impacting collaborative tool efficacy: The uncanny valley of collaborative tools. *Journal of Information Technology Education: Research*, 12, 301-325.
- [18] <http://rtcquickstart.org/guide/multi/webrtc.html>
- [19] [https://fosdem.org/2016/schedule/event/free\\_communications](https://fosdem.org/2016/schedule/event/free_communications)
- [20] [http://www.innovaportal.com/innovaportal/v/16/1/innova.front/inno\\_vanet](http://www.innovaportal.com/innovaportal/v/16/1/innova.front/inno_vanet).
- [21] EKOS, (2015, Julio). Gobierno electrónico + Innovación [Online]. 276, pp. 1-39; 87-131 Available: [https://issuu.com/ekosnegocios/docs/ge\\_50ca20097ae97c](https://issuu.com/ekosnegocios/docs/ge_50ca20097ae97c)



# Análisis de las ventajas y desventajas de las técnicas no convencionales en la construcción de edificaciones frente a un evento sísmico

---

<sup>1</sup>Fernández José

<sup>1,2</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática,  
Instituto de Investigación y Posgrado, Quito, Ecuador  
e-mail: [jlfernandezm@icloud.com](mailto:jlfernandezm@icloud.com) - e-mail: [pcaceres619@puce.edu.ec](mailto:pcaceres619@puce.edu.ec)

Información del artículo

Recibido: Junio 2015 – Aceptado: Agosto 2015

---

## Resumen

El presente es un análisis sobre las ventajas de las tecnologías conocidas como no convencionales, entendiendo como convencionales a las estructuras de hormigón armado o acero. La importancia del análisis de los eventos sísmicos en el Ecuador y cómo afectan las estructuras con tecnologías no convencionales, para finalmente conocer cuál ha sido la postura del mercado en los últimos 10 años.

**Palabras clave:** ferrocemento, adobe, tapial, terrocemento, tecnologías.

## Abstract

This is an analysis of the advantages of technologies known as unconventional, meaning conventional structures of reinforced concrete or steel. The importance of analysis of seismic events in Ecuador and how they affect structures with unconventional technologies, to finally know what has been the stance of the market in the last 10 years.

**Keywords:** ferrocement, adobe, tapial, terrocemento, technologies.

## Introducción

Durante el transcurso del tiempo el hombre ha pasado de vivir dentro de cuevas, al interior de gigantes de acero y hormigón. En este proceso ha desarrollado técnicas y tecnologías constructivas, utilizando como material compositivo la madera, tierra, piedra, entre otros. Estos elementos han sido obtenidos en la mayoría de los casos de bosques, canteras o ríos aledaños a las zonas de construcción, incluso de ser el caso, el mismo terreno, dependiendo de su calidad y características, ha servido para la construcción de muros portantes o como elemento constitutivo de la edificación.

Las técnicas de construcción con tierra datan de hace más de 9.000 años. En Turquestán fueron descubiertas viviendas en tierra del periodo 8000-6000 a. C. (Pumpelly, 1908). En Asiria fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a. C. Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra no solo en la construcción de viviendas, sino también en fortalezas y obras religiosas [1, p. 28].

Las estructuras compuestas por estas técnicas milenarias, han soportado no solo factores climáticos en concordancia a su posición geográfica, sino que han resistido esfuerzos sísmicos. Aunque en algunos casos su comportamiento ha llevado al colapso de las estructuras, ha permitido su análisis para el planteamiento de mejoras tanto en el ámbito técnico estructural como económico; aunque el factor cultural al que estas técnicas están ligadas, constituye uno de los elementos más valiosos al formar parte de la identidad de las poblaciones.

### *Estado de la cuestión*

Las técnicas de construcción en tierra no solo han albergado un conocimiento sobre el comportamiento y ventajas del material, además de esto constituye, como tal, un conjunto de saberes que se ha depositado de generación en generación, conformando parte de la cultura e identidad de pueblos, aunque en la actualidad no se desarrollen estas tecnologías al ritmo de otras, en las que la industrialización ha permitido avances importantes.

Las edificaciones cuyo componente primario es la tierra, en algunos casos se remontan a épocas de la Colonia. Sin embargo, es preciso discernir que estas tecnologías constructivas, pueden no tener las mismas ventajas del hormigón armado o la madera ante un evento sísmico; en la actuali-

dad contamos con edificaciones que han sobrellevado un gran número de estos acontecimientos y es precisamente el Centro Histórico de Quito, declarado por la UNESCO en el año de 1978 como Patrimonio de la Humanidad, una ventana hacia el conocimiento, valoración y análisis de estas importantes técnicas y tecnologías.

El presente documento realiza un análisis de las ventajas y desventajas de las técnicas no convencionales en la construcción de edificaciones frente a un evento sísmico, teniendo en cuenta que se consideran técnicas convencionales los sistemas de pórticos, donde el hormigón armado y el acero cumplen un papel imprescindible.

El análisis y planteamiento del caso aborda tecnologías como el ferrocemento, terrocemento, y tierra. En el caso de las tecnologías con tierra, aunque no se ha especificado en la presentación del caso el universo de estas, se ha seleccionado y realizado un enfoque en el adobe y tapial, por ser las más comunes en el medio, además que de las conclusiones se obtendrá resultados, que pueden servir en el diagnóstico y evaluación de las edificaciones. De igual forma se presenta un análisis de las características sísmicas bajo las cuales el Ecuador se encuentra y cómo las técnicas responden ante estos eventos. Para finalmente concluir con un análisis y recomendaciones.

### *El ferrocemento*

El ferrocemento es un tipo de hormigón armado en forma de lámina delgada comúnmente construido con mortero de cemento hidráulico y reforzado con capas de telas de mallas, poco separadas entre sí y formadas por alambres continuos y de relativamente pequeño diámetro [2, p.36].

Los orígenes del ferrocemento, lo describen como un precursor del hormigón armado, material y características como lo conocemos hoy en día.

La primera referencia al ferrocemento se remonta a 1848 cuando el francés Joseph Louis Lambot (1814-1885) construyó pequeños botes, recipientes para agua, plantas y otros objetos con un material que él llamó *ferciment*. Más tarde la idea de Lambot fue retomada por el ingeniero y arquitecto Pier Luigi Nervi (1881-1960), quien destacó notablemente en el campo de la construcción, y cuya primera obra mencionada por [2], es la construcción de un pequeño almacén en 1946 con dimensiones de 11 x 12 m en planta, los techos y paredes conformados por elementos prefabricados de 3 cm de espesor. Su más impor-

tante obra, y una de las más grandiosas hasta el presente, fue la cubierta de la sala del Palacio de Exposiciones de Turín con una luz de 95 m, realizada entre 1948 y 1949 en solo ocho meses.



**Figura 1.** Palacio de exposiciones de Turín.

Dentro de las principales obras de Nervi podemos mencionar el Cinema Augusteo en Nápoles, Estadio Municipal de Florencia o Estadio Giovanni Bertha (1932), hangares de Orbetello (1940). Sobre este último, Chao (2005) habla de Nervi “su preocupación por la eficiencia económica lo llevó a concluir que algunas partes de los hangares debían ser prefabricadas (hangares de Orbetello), ya que con ello ahorraría tiempo y dinero, uno de los principales mandamientos de Nervi” [2, p.35].

El trabajo de Nervi motivó la atención de científicos e ingenieros del mundo entero pero la misma fue poco a poco desistiendo según [2], por la “...inercia en la mentalidad de los ingenieros formada bajo la influencia de muchos años de trabajo con el hormigón armado tradicional”.

Una de las cualidades del ferrocemento es precisamente la reducción de los costos [2], menciona que el nuevo material propuesto es un producto que puede reemplazar a la madera y cuya base es una red metálica de alambres de pequeño diámetro uniformemente distribuidas o barras interconectadas.

Las características de sus componentes permiten bajar el factor económico de las estructuras, además su facilidad constructiva y consolidación estructural sin que esto condicione la seguridad y durabilidad de los elementos, es el fundamento del ferrocemento. Wainshtok, describe su elaboración de la siguiente forma: “... se forma por una matriz de mortero de arena y

cemento hidráulico, reforzada con una armadura altamente subdividida y distribuida en la masa de mortero (1). El resultado de esto según el autor representa la reducción del peso propio y el volumen de las estructuras en mucho más del 50% y de la armadura hasta el 35%, comparadas con las habituales de hormigón armado [2].

Wainshtok [2], menciona que estos elementos, también pueden ser compuestos por mallas formadas de alambres generalmente galvanizados de diámetro entre 0,8 y 1,5 mm, espaciados entre sí de 10 a 25 mm, mismas que pueden ser hexagonales, soldadas o torcidas, de un núcleo compuesto por barras de acero de entre 3 y 6 mm de diámetro –o sin ellas– lo que se conoce como refuerzo de esqueleto. Tal estructura emplastecida con mortero y con recubrimiento entre 2 y 6 mm, presenta espesores que fluctúan entre 10 y 30 mm, aunque pueden llegar a 50 mm.

La aplicación de esta técnica tuvo sus inicios en la construcción de barcos y botes, pero las cualidades del producto permitieron su inclusión en la fabricación de diversos elementos desde ornamentales hasta funcionales, es así como paulatinamente el material incursiona en el campo de la construcción, [2] habla de “edificios industriales y sociales, barcos, depósitos, puentes, piscinas, etc., la explotación de estas estructuras durante muchos años en distintos países, confirman lo económicas que resultan así como su elevado grado de seguridad y durabilidad cuando se ejecutan con la calidad requerida” [2, p.2].

El ferrocemento posee mejores propiedades mecánicas y más durabilidad que el hormigón armado; su proceso deformativo es notablemente distinto al del hormigón en relación con su mayor resistencia al agrietamiento... La distribución uniforme del refuerzo y la alta relación entre su área superficial y el volumen del compuesto (superficie específica  $S_v$ ) resultan en una mayor oposición al surgimiento y a la propagación de las grietas, lo que incrementa la resistencia a la tracción del material [2].

Propiedades adicionales del ferrocemento [2]:

- a) Buen aislamiento térmico y resistencia a la abrasión.
- b) Buen aislamiento acústico.
- c) Buena resistencia ante agentes mecánicos.
- d) Buena resistencia al agrietamiento.
- e) Facilidad de construcción y reparación
- f) No necesita prácticamente mantenimiento.
- g) Bajo costo.

La utilización del ferrocemento se expandió en Nueva Zelandia, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos, Cuba Filipinas, Rusia. “En 1967 ya existían en la antigua Unión Soviética normas para el uso del Ferrocemento” [2].

En América Latina, según la experiencia de México en la que “Alfonso Olvera expone con lujo de detalle los trabajos desarrollados con este material: canales de riego depósitos, almacenes, viviendas y otros” [2].

El buen resultado obtenido por el profesor Olvera determinó que se ejecutaran más de 1.500 viviendas con esta técnica en el estado de Sonora.

En Brasil, uno de los países que más ha implementado esta tecnología, el ferrocemento se empleó por primera vez en la Escuela de Ingeniería de San Carlos de la Universidad de San Pablo... sin embargo, por el área a cubrir y las dimensiones, el ejemplo más significativo es la cubierta de la Terminal de Ómnibus de Florianópolis, donde 15.100 m<sup>2</sup> de área fueron cubiertos con vigas de sección transversal en forma de hexágono [2].



**Figura 2.** Terminal de ómnibus de Florianópolis [3].

#### *Ventajas del fibrocemento en la construcción*

[2] describe las ventajas del ferrocemento en la industria de la construcción y menciona que los atributos que son asignados a la aplicación del hormigón armado también pueden ser aplicados al ferrocemento. “Sin embargo, algunas características hacen de este material más apropiado cuando se compara con madera, acero y polímeros fibrorreforzados (PFR).

Tales ventajas son las siguientes:

1. Los materiales que utiliza (cemento, arena y tela de mallas de alambre) existen en prácticamente todos los países.
2. El ferrocemento puede aplicarse en construcciones por medios propios, hasta en aquellas que necesitan elementos prefa-

bricados construidos en procesos altamente industrializados.

3. Puede construirse con baja tecnología y personal poco calificado.
4. Puede fabricarse en formas diversas.
5. El ferrocemento como el hormigón o la mampostería es duradero y resistente al medio ambiente, no inflamable, y menos propenso a la corrosión que el acero; no se daña por la humedad ni se pudre como la madera y tiene una vida útil mucho mayor que la de los plásticos fibrorreforzados.
6. Su mantenimiento y reparación son de fácil ejecución
7. Puede ser considerada como una tecnología apropiada según la definición del término adoptada por la ONU en la Cumbre sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 (p. 62-63) [2].

La implementación de esta tecnología permite la reducción de costos, tanto en la cuantificación del material utilizado como en la mano de obra empleada, sobre todo si forma parte de un proceso de industrialización donde los costos de elaboración de los elementos disminuyen sustancialmente. “Se puede producir ferrocemento en estructuras para viviendas que son resistentes al fuego, a prueba de terremotos y de las termitas por 15 dólares (1998) por pie<sup>2</sup> de área plana proyectada” [2, p. 63].

Tipos de estructuras de ferrocemento  
Según [2] podemos citar las siguientes:

- a) Placas (losas delgadas de ferrocemento).
- b) Tableros de ferrocemento.
- c) Losa nervada (tipo canal).
- d) Losa plegada (quebrada).
- e) Elementos en V.
- f) Losa ondulada.
- g) Losa curva de cubierta
- h) Losa nervada de cubierta

#### *El ferrocemento en las viviendas*

La aplicación del ferrocemento en viviendas ha obtenido experiencias en México y Cuba, donde la utilización de elementos prefabricados de ferrocemento con sección transversal en U fueron los elementos constitutivos de la propuesta.

Esta sección explica muchas posibilidades [2]:

- a) Facilidad para variar sus dimensiones.
- b) Posibilidades para ser utilizada tanto en muros como en entrepisos y techos.
- c) Se puede emplear en su forma más simple o como tapas.
- d) Se puede usar en diferentes posiciones.
- e) Aún con un pequeño refuerzo tiene una adecuada resistencia.
- f) Puede fabricarse con materiales ligeros

En una segunda etapa de este desarrollo se realizaron proyectos de edificios residenciales. De esta forma, en 1988 y más tarde en 1994, se hablaba de su construcción como una alternativa para el problema de viviendas en Cuba, con edificios residenciales de hasta 5 pisos. El sistema está conformado por [2]:

- a) Paneles de pared.
- b) Paneles de entrepisos
- c) Paneles de cubiertas
- d) Vigas zapata y de cerramiento

#### *El adobe*

La tierra ha sido el componente principal de las construcciones prehispánicas a lo largo de América Latina, pero sus raíces nos llevan hacia Europa y el Mediterráneo.

Diversos especialistas como Guerrero (1997) y McHenry (2000) mencionan que el uso de adobes (como bloque de construcción independiente) ha sido posible rastrearlo desde las ruinas de Jericó datadas en 8000 años de edad hasta nuestros días. El término adobe procede del egipcio thobe y su difusión se dio en todo el mundo mediterráneo tanto por los romanos a principios de nuestra era como por el pueblo árabe que lo llamó atob (ladrillo). Siendo el adobe una de las formas más difundidas de construir con tierra cruda [4].

Desde entonces el adobe se ha mantenido como una técnica que forma parte de las construcciones vernáculas, más su importancia ha trascendido hasta llegar a formar parte de nuestra cultura e identidad. La mayor parte de construcciones en adobe se las encuentra en las zonas rurales; sin embargo, se han realizado análisis de las viviendas en adobe, un ejemplo de este es la conferencia de Hábitat realizada por las Naciones Unidas.

En la segunda conferencia de las Naciones Unidas sobre asentamientos humanos conocida como Hábitat II<sup>1</sup> ya se indicaba que aproximadamente el treinta por ciento de la población mundial habita en casas fabricadas con tierra cruda en cualesquiera de sus variantes constructivas: ya sea en su forma de bloques secados al sol, conocida como adobe, o en su forma de muros construidos de paja y carrizo repellido con lodo [4, p.12].

El interés que despierta el uso de tecnologías artesanales según [4]. "... ha llevado a que en niveles de enseñanza profesional, departamentos de escuelas y facultades de arquitectura, integren entre su personal docente a profesores e investigadores especializados sobre el área". El desarrollo de este estudio se manifiesta en dos líneas de investigación: por un lado se ensayan nuevas maneras de utilización para la tierra cruda, intentando mejorar las condiciones sobre todo a esfuerzos sísmicos. Por otro lado y en gran medida ligado a la conservación del patrimonio edificado se encuentran los estudios del material para disminuir procesos de degradación, mejorar sus condiciones de estabilización y recuperación de su integridad estructural y morfológica en el contexto de la edificación [4].

#### *Composición del adobe*

La composición original del adobe se conforma de arena, arcilla, paja y estiércol de animales, a esta mezcla según

[4] se agregan pequeñas piedras de diversas composiciones. En las juntas se utiliza una mezcla de igual material que el adobe en juntas que pueden tener desde 2 cm de espesor hasta 15 cm.

#### *Elaboración del adobe*

El primer paso para la elaboración de adobe es humedecer la tierra y batirla, luego se cubre con paja y se deja reposar por un par de días. Una vez concluido este lapso se mezcla con paja picada e inicia un nuevo proceso de batido, previo al moldeo de los adobes [5].

El tamaño más adecuado para obtener los adobes es de 40x18x20 cm (largo, ancho y alto). Según Pesantes Rivera & González Aguirre (2011), estas dimensiones permiten generar traba

1 ([www.un.org/spanish/ag/habitat/10.htm](http://www.un.org/spanish/ag/habitat/10.htm))

incluso construyendo un muro de adobe doble. Una vez desmoldado el adobe se procede a su secado, se recomienda realizar un secado entre 20 y 40 días [5].

### *El tapial*

El tapial como el adobe es una tecnología tradicional en tierra, comúnmente se encuentra en áreas rurales a lo largo de la Sierra ecuatoriana

Es un sistema constructivo que consiste en apisonar la tierra dentro de unos moldes (tapialeras), mismos que se deslizan conforme avanza la construcción de las paredes. Esta técnica posibilita conseguir menor retracción del material y una mayor resistencia; son construcciones monolíticas, por lo tanto de mayor durabilidad que las otras técnicas tradicionales.

Es una técnica que prácticamente ha perdido su uso en la actualidad, debido al esfuerzo físico y a la pérdida de conocimiento sobre cómo desarrollar su construcción [5].

### *Técnica constructiva*

Para la construcción del tapial es fundamental la selección de la tierra y que esta no contenga un alto componente orgánico<sup>2</sup>, es necesario que la tierra seleccionada tenga un contenido de arcilla no superior al 20%, con esto se evitará una contracción del material y que se generen fisuras [5].

Durante el proceso de preparación de la tierra, se efectúa el humedecimiento de la misma, que según [5], no debe exceder a las condiciones normales de humedad a las que se encuentra. Una vez que la tierra se ha preparado el siguiente paso es la confección de los encofrados, construidos en madera, su ancho (ancho de muro) no deberá ser menor a los 35 cm, sin embargo esta medida dependerá de las cargas colocadas sobre el muro. Una vez listo el encofrado se construirá el muro de un largo de 1,60 a 4,00 m, y una altura entre 0,80 y 1 m. Una vez instalados y asegurados los travesaños, se procede a la compactación en capas de 15 a 20 cm de altura, hasta que el pisón no deje marca en la tierra.

La forma de trabe en las esquinas se realiza a través de la alternación de las tapialeras. Finalmente para los lugares donde se ubiquen vanos como ventanas o puertas los dinteles se apoyarán sobre un tercio de la longitud (en ambos lados) del vano que cubren.

Las técnicas de tierra como tapial y adobe, forman parte de la arquitectura vernácula<sup>3</sup> de los pueblos, estas son conocidas como tecnologías económicas por los recursos empleados para la construcción de las edificaciones, además el factor ambiental es una de las bondades de estas tecnologías.

La construcción de una vivienda con adobe o tapial no causa efectos negativos con el medio ambiente. Sus ventajas se extienden al confort, aislamiento acústico, térmico, entre otros.

Ventajas de esta tecnología [5]:

- a. Es una construcción ecológicamente sostenible, posee una dimensión humana y con grandes valores culturales, que le hace levantarse como una arquitectura con lugar.
- b. En el adobe y tapial es conocida la capacidad que tiene la tierra de almacenar el calor de forma pasiva en sus muros, principalmente si estos son muy anchos. Esta temperatura posteriormente se desprende de manera paulatina en el ambiente interno, equilibrando la temperatura ambiental.
- c. Posee grandes cualidades acústicas, los muros de tierra son malos transmisores de las vibraciones sonoras; esto genera una barrera eficaz contra los ruidos no deseados.
- d. En el caso concreto del bahareque, por su sistema modular y estructural de madera, posee propiedades sísmo resistentes, los materiales utilizados tienen la ductilidad necesaria que permite absorber las deformaciones.
- e. La tierra puede ser utilizada sin necesidad de maquinaria.
- f. No genera emisiones contaminantes o residuos para su elaboración.
- g. Produce aislamiento a ondas electromagnéticas de alta frecuencia, evitando efectos negativos sobre el cuerpo humano.

<sup>2</sup> Se reconoce a la tierra con un alto contenido orgánico, por un característico color oscuro.

<sup>3</sup> La arquitectura vernácula se compone de la tipología constructiva propia de la zona; materiales, forma, disposición funcional, tecnologías y expresión morfológica en conjunto hacen de la arquitectura vernácula una de las formas de expresión culturales de los pueblos.

- h. Propicia el equilibrio de humedad en el ambiente. La tierra es un material que presenta intercambio de humedad entre el interior y exterior; así se conserva un ambiente saludable en la vivienda.

Como debilidades se observa que el exceso de barro en las juntas puede ocasionar un rompimiento del amarre de los elementos.

Sin embargo, los problemas que esta tecnología tiene ante esfuerzos sísmicos, son los más importantes. Aunque la colocación de refuerzos superiores y una correcta traba en esquinas y entre dinteles y muros ayudan a que la estructura pueda soportarlos.

#### *El terrocemento*

En la actualidad, impulsadas por constantes investigaciones en el ámbito mundial, se registran interesantes innovaciones tecnológicas respecto a técnicas constructivas en tierra, caracterizadas por simplicidad, economía y bajo impacto ambiental [1].

El suelo-cemento es precisamente una de estas tecnologías. Conformado por tierra, cemento y agua, correctamente dosificados, es utilizado en la construcción de muros y pisos, conformando elementos monolíticos o en mampostería de bloques de ladrillos prensados y entramados [1].

El primer paso para la elaboración del terrocemento es la selección de la tierra con una buena granulometría, en una etapa posterior se procede con lo que se conoce como

“estabilización”. Este proceso se consigue a través de la inclusión de un agente estabilizante como el cemento [1].

El agregar una pequeña cantidad de cemento en la mezcla de tierra humedecida, permite el mejoramiento de la resistencia una vez que el material ha sido compactado y se ha endurecido.

La resistencia de suelo-cemento (terrocemento), en probetas en las cuales se incorporó un 10% de cemento, alcanzaron los  $74 \text{ kg/cm}^2$ , si lo comparamos con la resistencia inicial del adobe:  $7.25 \text{ kg/cm}^2$  [1]. El grado de resistencia del material aumenta sustancialmente, sin embargo, el autor recomienda que el porcentaje de cemento en la mezcla no supere el 12% por efectos económicos.

Es necesario realizar refuerzos adicionales a la estructura de tierra para soportar las cargas laterales. Si bien el incorporar el cemento y estabilizar los bloques de tierra mejora notablemente la resistencia del elemento, sobre todo a la compresión, son las cargas laterales -como las producidas

por un sismo-, aquellas que mayor daño causan a las edificaciones [1].

Esquinas con ochave a  $45^\circ$ , o un trabado de los muros ya sea en L o U, es parte del planteamiento. Otro sistema de reforzamiento se compone de un sistema postensado, a través de la utilización de elementos verticales de “fierro, madera o bambú dentro del muro, anclados al sobre cimiento y fijados al encadenado” [1]. Es fundamental la utilización de una cadena perimetral en la cabeza de muro para cerrar el sistema.

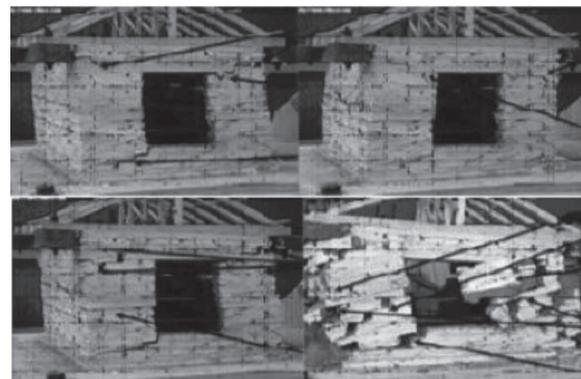
[1] menciona la importancia de los ensayos de las propuestas en modelos a escala, realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sismorresistente del Departamento de Obras Civiles de la UTFSM.

El parámetro a tomarse en cuenta es el terremoto de Kobe, Japón, presentado en el año de 1995, mismo que tuvo una magnitud de 6,9 a 7,3 en la escala de Richter. El mayor daño registrado por este evento se observó en las edificaciones de tierra.

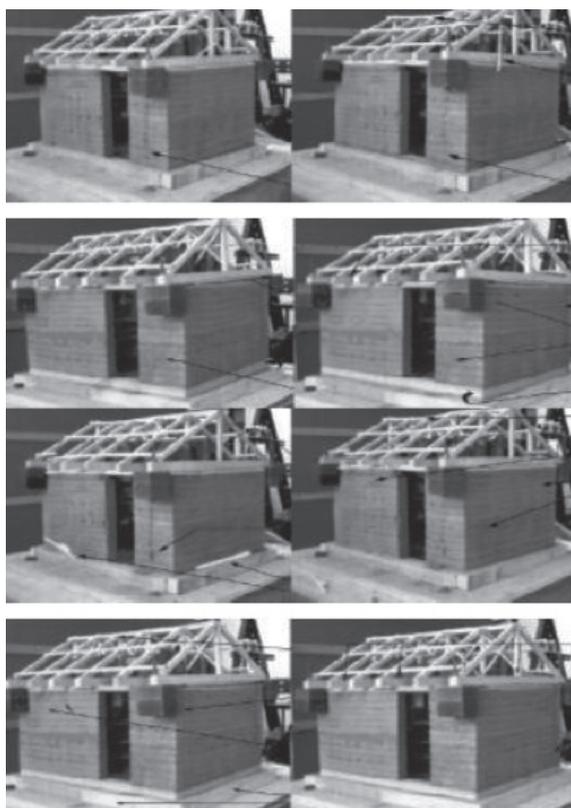
Los resultados apoyaron la teoría de los prototipos de suelo-cemento (terrocemento), que se menciona de la siguiente manera:

Como primera conclusión, se demuestra claramente que los prototipos de suelo-cemento compactado no sufrieron indicios de colapso, en comparación a la maqueta de adobe (figura 3) que sí colapsó con el registro de Kobe a un 100% [1].

Una de las conclusiones obtenidas de las pruebas, corresponde a que las fallas de la estructura se relacionaron al mortero que une los adobes. Los ensayos realizados en los prototipos en suelo cemento compactado según [1], generaron solo grietas verticales (figura 4), que de presentarse en las dos caras del muro significaría un colapso de las esquinas, pero en el caso de los ensayos se presentó solo en una cara y su profundidad fue de 1 mm.



**Figura 3.** Prototipo de adobe durante ensayo en mesa de simulación de terremotos [1].



**Figura. 4.** Prototipo A y B durante el ensayo en la mesa de simulación de terremotos [1].

El terrocemento o suelo-cemento es una forma de reforzar la tecnología conocida como adobe (con los atributos térmicos y acústicos propios del material), cuyo objetivo es mantener y desarrollar un sistema constructivo estructural de bajo costo<sup>4</sup>, que a la vez reponga el valor de las ventajas ecológico-ambientales y mejore la resistencia a los sismos como detalla [1], además que pueda ser parte de un proceso de prefabricación del mismo.

#### *Sismos en el Ecuador*

Los sismos y terremotos tienen una connotación ligada a destrucción, pérdida sea esta emocional o material. Siendo eventos naturales de los cuales, aún no se ha podido establecer a ciencia cierta su presencia y la magnitud de los eventos, si no tan solo elaborar evaluaciones del impacto de los mismos.

El Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, con la muerte de más de 60.000 personas.

El riesgo sísmico resulta de la combinación de 3 factores:

- Peligro sísmico,
- Nivel de exposición,
- Vulnerabilidad al daño de las edificaciones [6].

Muchos trabajos se han efectuado al respecto. El análisis del comportamiento de los sismos y terremotos ha llevado a desarrollar y plantear estudios acerca de cómo atenuar la incidencia de un sismo, sobre todo en las edificaciones, sean estas construidas con tecnologías nuevas o antiguas.

Se define al sismo como “un tipo especial de peligro natural, en el sentido en que estos son muy raros, pero cuyas consecuencias, cuando ocurren, son muy grandes en términos de destrucción y sufrimiento” [7].

Un evento sísmico necesita tan solo de unos segundos para manifestar su nivel de destrucción y ahí radica la importancia de las medidas tomadas tanto por instituciones, investigadores y ciudadanos para mitigar o soportar el impacto del mismo.

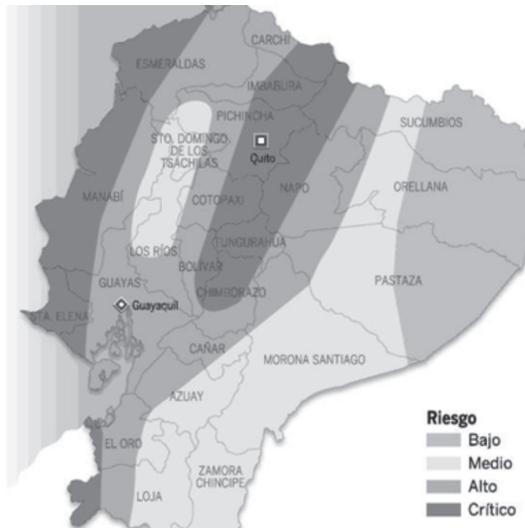
Hay dos términos muy conocidos para evaluar el grado de un sismo, por un lado está la magnitud y por otro la intensidad.

La magnitud de un sismo es un número que busca caracterizar el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de 1.000, o bien, de aproximadamente 32 veces la energía liberada. Es decir que un sismo de magnitud 8 es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1.000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32.000 veces más grande que uno de magnitud 5, y así sucesivamente. [8].

La magnitud nos permite evaluar el grado de energía liberada en un sismo, esta se cataloga a través de una escala. La escala utilizada en la actualidad para medir la magnitud de un sismo es la

<sup>4</sup> (Barros & Imhoff, 2010) hablan de una reducción del 20% de los costos comparado con un muro de albañilería reforzada de ladrillo. (p. 38) [1].

de Richter y comprende 10 niveles, donde el nivel 10 es el más fuerte.



**Figura 5.** Zonas sísmicas del Ecuador.  
**Fuente:** Código Ecuatoriano de la Construcción.

Por otro lado tenemos la intensidad, que al igual que la magnitud sirve para evaluar un sismo, sin embargo, en el caso de la intensidad su enfoque analiza el comportamiento en estructuras y el medio en general. El grado de daños presentes sobre un área definida, delimitará la intensidad de la presencia del sismo, sin embargo, existen factores incidentes al momento de evaluación a los que se puede definir como vicios ocultos. Los sistemas constructivos guardan lineamientos que se replican en las localidades a lo largo del Ecuador, sin embargo, la calidad de los materiales, junto con la mano de obra, puede diferir las características de una construcción con otra, si a esto sumamos la calidad y tipo de suelo sobre el cual la edificación se implanta, se obtendrá resultados y características singulares para las construcciones. En todo caso el nivel de intensidad de un sismo se lo puede definir de la siguiente forma [9]:

La intensidad macro sísmica es una medida de la severidad de la sacudida del suelo, basada en los efectos observados en un área limitada, y puede verse como un código que permite representar fácilmente descripciones de eventos mediante un símbolo, usualmente un número. En este sentido, la intensidad es algo descriptivo [10].

Las intensidades máximas identificadas guardan relación con el mapa de la figura 5, donde observamos 4 zonas de mayor influencia sísmica. Por un lado se encuentra Esmeraldas, lugar en el que se han identificado sismos de hasta el grado 9.

El segundo bloque lo conforman Imbabura, Pichincha y Napo con sismos de intensidad 8 y 9.

El tercer bloque lo componen las provincias de la Sierra Centro: Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, donde se han presentado intensidades de hasta 11.

El cuarto bloque se encuentra al sur del Ecuador, conformado por Loja, El Oro y parte del Azuay con intensidades de eventos sísmicos de hasta 9.

Finalmente, el último bloque es el costero conformado por Manabí, el cual tiene una importante presencia sísmica por la concurrencia de las placas Sudamericana y Nazca, donde se han detectado sismos con intensidades de hasta 9.

La importancia de la estimación de la intensidad de un evento sísmico radica fundamentalmente en el hecho de que los valores de intensidad no dependen de medidas instrumentales. Básicamente, todas las escalas de intensidad cuantifican los daños en una localidad, dividiéndolos en efectos en las personas, efectos en las estructuras y, por último, efectos en la naturaleza.

Otra de las virtudes de la intensidad es la posibilidad de evaluar los sismos históricos para los cuales no se tienen registros instrumentales. De esta manera, es posible observar el comportamiento de una determinada región o un sitio específico a través del tiempo. Esto a su vez depende de la cantidad y la calidad de la información que se tenga a disposición [9].

#### *La escala macrosísmica europea (EMS-98)*

La escala EMS-98 es la utilizada para medir la intensidad sísmica de un evento, esta ha sido el resultado de un proceso de análisis con base en la corrección de teorías y resultados, finalmente en el año de 1993 se obtienen una escala como se menciona a continuación.

La primera versión de la EMS aparece en 1992, la cual fue publicada en 1993 para su uso

simultáneo con otras escalas. Esta versión fue una actualización de la escala MSK-64, manteniéndose los mismos doce grados para la estimación de intensidades, la clasificación de daños y las definiciones de cantidad [9, p. 17].

A diferencia de las escalas MM-56 y MSK-64, la escala EMS-98 presenta en forma gráfica los esquemas de daños en edificios. Se hace referencia a cinco categorías de daño... (en la figura 1 se identifican los daños observados, bosquejados y esperados en una edificación de mampostería) [9].

Es importante que para el caso de estudio se analice el nivel de afectación en diferentes escalas, por tal motivo se presenta a continuación las consecuencias ante eventos sísmicos según Mercalli en sus 12 niveles de intensidad.

La escala de Mercalli es una escala de 12 puntos, que se escribe en números romanos, y que está desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras (tabla 1). Esta medición debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli [11].

Clasificación de daños en edificios de mampostería	
	Grado 1: Sin daño o daño leve (Sin daño estructural, daño no estructural leve) Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de entucido. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.
	Grado 2: Daño moderado (daño estructural leve, daño no estructural moderado) Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de entucido. Colapso parcial de chimeneas.
	Grado 3: Daño substancial a severo (daño estructural moderado, daño no estructural moderado) Grietas largas y extensas en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; falla de elementos individuales no estructurales (paredes interiores).
	Grado 4: Daño muy severo (daño estructural severo, daño no estructural muy severo) Falla seria en muros; falla estructural parcial de techos. Falla de techos y pisos.
	Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo) Colapso o casi colapso total.

**Figura 6.** Clasificación de los daños en edificios con sistema constructivo de muros portantes.

Fuente: [9]

**Tabla 1.** Consecuencias en edificaciones escala MSK

Grado	Consecuencias
I	No percibida por humanos, solo por sismógrafos.
II	Percibida solo por algunas personas en reposo, en pisos altos.
III	Percibida por algunas personas en el interior de los edificios. Similar al paso de un camión ligero.
IV	Percibido por muchos en el interior de los edificios. No atemoriza. Vibran ventanas, muebles y vajillas. Similar al paso de un camión pesado.
V	Las personas que duermen se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Puertas y ventanas abiertas batien con violencia. En ciertos casos se modifica el caudal de los manantiales.
VI	Muchas personas salen a la calle atemorizadas. Algunos llegan a perder el equilibrio. Se rompe cristalería y caen libros de las estanterías. Pueden sonar algunas campanas de campanarios. Se producen daños moderados en algunos edificios. Puede haber deslizamientos de tierra.
VII	La mayoría se aterroriza y corre a la calle. Muchos tienen dificultades para mantenerse en pie. Lo sienten los que conducen automóviles. Muchas construcciones débiles sufren daños e incluso destrucción. Alguna carretera sufre deslizamientos. En las lagunas se nota oleaje y se enturbian por remoción del fango. Cambian los manantiales: algunos se secan y otros se forman.  Pánico general, incluso en los que conducen automóviles. Los muebles, incluso pesados, se mueven y vuelcan. Muchas construcciones sufren daños o destrucción. Se rompen algunas canalizaciones. Estatuas y monumentos se mueven y giran. Pequeños deslizamientos de terreno, grietas de varios centímetros en el suelo. Aparecen y desaparecen nuevos manantiales. Pozos secos vuelven a tener agua y al revés.
X	Pánico general. Animales que corren en desbandada. Muchas construcciones son destruidas. Caen monumentos y columnas y se rompen parcialmente las conducciones subterráneas. Se abren grietas de hasta 20 centímetros de ancho. Desprendimientos y deslizamientos de tierra y aludes. Grandes olas en embalses y lagos.  La mayoría de las construcciones sufren daños y destrucción. Daños peligrosos en presas y puentes. Las vías se desvían. Grandes ondulaciones y roturas en carreteras y canalizaciones. Grietas de varios decímetros en el suelo. Muchos deslizamientos. El agua de canales y ríos es lanzada fuera del cauce.

XI	Quedan fuera de servicio las carreteras importantes. Las canalizaciones subterráneas destruidas. Terreno considerablemente deformado.
XII	Se destruyen o quedan dañadas prácticamente todas las estructuras, incluso las subterráneas. Cambia la topografía del terreno. Grandes caídas de rocas y hundimientos. Se cierran valles, se forman lagos, aparecen cascadas y se desvían ríos.

Fuente: [12]

Es importante realizar un acercamiento a los diferentes eventos sísmicos en el país, y cómo estos se han presentado en intensidad y recurrencia, por tal motivo es necesario realizar una descripción de los mismos, para lo cual se cita el trabajo de [9].

El movimiento de la placa de Nazca con respecto a la Sudamericana es constante y su velocidad de desplazamiento es de alrededor de 7,3 cm/año. Siendo la subducción la principal fuente de terremotos y de la deformación cortical, no cabe la afirmación de un aumento de sismos en un determinado periodo pues ello significaría una aceleración en el movimiento de las placas.

En lo concerniente a las intensidades, del total de eventos de este siglo solo uno ha alcanzado la intensidad de 10 MSK, Pelileo 1949, el cual es uno de los tres, junto con Riobamba 1797 e Ibarra 1868, con esta intensidad en toda la historia sísmica del Ecuador. Dos eventos han sido estimados con intensidad 9 MSK, Jama 1942 y Baeza 1987.

El siguiente siglo en orden de cantidad de sismos registrados es el siglo XVIII. En este periodo se encuentra el terremoto con la mayor intensidad máxima estimada, Riobamba 1797, con 11 MSK [9].

### Concurrencia de los sismos

Otro parámetro que es importante mencionar, es el análisis que se ha realizado acerca de la concurrencia de los sismos en el país. Los estudios indican que al presentarse movimientos uniformes en las placas tectónicas estas a su vez cada cierto tiempo liberan esta energía y fuerza conocida como sismo. Según el historial documentado en el país se ha establecido ciclos, en los cuales se

presentan los sismos de acuerdo a su magnitud, a continuación se detalla la información.

**Tabla 2.** *Períodos de completitud*<sup>5</sup>

Magnitud Ms	Período (Años)
4,5 - 4,9	12
5,0 - 5,4	22
5,5 - 5,9	42
6,0 - 6,4	90
6,5 - 6,9	110
7,0 - 7,4	150
7,5 - 8,0	220

Fuente: (Metrodequito.gob.ec, 2016) [13].

Según los estudios realizados se menciona que en el Ecuador se presentaría en los próximos años un sismo de magnitud alta, por lo que las acciones a considerar sobre medidas de mitigación y respuesta son necesarias y emergentes.

Aunque no hay datos, se estima que entre un 60% y 70% de las viviendas en el país son de carácter informal o antiguas, que son potencialmente vulnerables, afirma Manuel Mera, asesor de la Secretaría Nacional de Riesgos y decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica.

Esa vulnerabilidad se ha hecho más evidente en terremotos como el de Bahía, donde se pusieron a prueba las estructuras modernas. De las 32 edificaciones sujetas a estudios y controles, cuatro fallaron totalmente, mientras el resto de ellas presentaron daños entre un 35% y 40%. “Son muchos daños para un sismo relativamente pequeño; vale la pena que el Estado tome muy en cuenta lo sucedido en Haití”, exhorta Yepes [14].

Los métodos y resultados presentados, dan una pauta sobre el grado de importancia que tienen los sismos en el país. Algunas acciones y medidas se han tomado, sin embargo, hay gran cantidad de edificaciones que carecen de criterios técnicos o que han seguido lineamientos constructivos básicos para afrontar o soportar esfuerzos como los de un sismo. La respuesta positiva o negativa de las estructuras (incluso de las convencionales), se determinará no solo por los materiales utilizados, sino también por cómo fueron construidos y qué consideraciones se adoptaron.

<sup>5</sup> La distribución del número de sismos por encima de cierta magnitud, ocurridos dentro de un área específica y en una unidad de periodo, se conoce como ley de recurrencia (completitud) y se expresa en función de la relación frecuencia-magnitud de Gutenberg y Richter (1954) [13].

**Tabla 3.** Resumen de eventos sísmicos de importancia

Evento	Año	Latitud	Longitud	Provincia	Int. Máx.
1	1587	0	-78,4	Pichincha	VIII
2	1645	-1,68	-78,55	Chimborazo	IX
3	1674	-1,7	-78,8	Bolívar	VIII
4	1687	-1,1	-78,3	Tungurahua	VIII
5	1698	-1,45	-78,3	Tungurahua	IX
6	1736	-0,8	-78,8	Pichincha	VIII
7	1749	-4	-79,2	Loja	VIII
8	1755	-0,21	-78,48	Pichincha	VIII
9	1757	-1	-78,6	Cotopaxi	VIII
10	1786	-1,65	-78,7	Chimborazo	VIII
11	1797	-1,43	-78,55	Chimborazo	XI
12	1859	0,2	-78,5	Pichincha	VIII
13	1868	0,3	-78,2	Imbabura	IX
14	1868	0,6	-78	Carchi	VIII
15	1896	-0,5	-80,45	Manabí	IX
16	1906	1	-81,3	Esmeraldas	VIII
17	1911	-1,7	-78,7	Chimborazo	VIII
18	1913	-3,8	-79,4	Loja	VIII
19	1914	-0,5	-78,5	Pichincha	VIII
20	1923	-0,5	-78,5	Pichincha	VIII
21	1926	0,8	-77,9	Carchi	VIII
22	1929	-0,4	-78,55	Pichincha	VIII
23	1938	-0,3	-78,4	Pichincha	VIII
24	1942	0,01	-80,12	Manabí	IX
25	1949	-1,25	-78,37	Tungurahua	X
26	1953	-3,4	-80,6	Loja	VIII
28	1958	1,22	-79,37	Esmeraldas	VIII
29	1961	-2,2	-78,9	Chimborazo	VIII
30	1964	-0,84	-80,29	Manabí	VIII
31	1970	-3,79	-80,66	Loja	VIII
32	1976	0,85	-79,63	Esmeraldas	VIII
33	1987	-0,09	-77,81	Napo	IX
34	1995	-2,81	-77,95	Morona Santiago	VIII
35	1996	-1,05	-78,71	Cotopaxi	VIII
36	1998	-0,55	-80,53	Manabí	VIII

Fuente: [9]

El Ecuador posee un importante universo de construcciones desarrolladas con técnicas no convencionales, si solo analizamos el caso de Quito y su Centro Histórico con alrededor de 5.000 bienes inmuebles inventariados y de los cuales un 70% in-

cluye alguna de las técnicas citadas anteriormente, enfatiza la importancia de realizar estudios sobre el comportamiento y mejora de esta tipología tecnológica; sumado a esto nuestro país se ubica sobre una zona de alta presencia de eventos sísmicos. La importancia de mantener un legado declarado como patrimonio de la humanidad desde 1978 por la UNESCO, implica el desarrollo de estudios y análisis para la conservación de las estructuras existentes, pero también el planteamiento de mejoras al sistema constructivo, que faculte la continuidad de su utilización como solución habitacional frente a un sistema industrializado, cuyo valor preponderante es el económico, pero que sacrifica el paisaje cultural, compuesto por la herencia constructiva de los pueblos.

### Materiales y metodología

El universo de estudio ha centrado su análisis en los proyectos y estudios desarrollados en América Latina, y específicamente en nuestro país cuyo principal referente es el Centro Histórico de Quito.

Los datos obtenidos de este análisis nos permite determinar conclusiones acerca del comportamiento de las estructuras no convencionales frente a eventos sísmicos, para lo cual se desarrolla un estudio descriptivo de la historia sísmica del Ecuador, acompañado de un estudio exploratorio sobre la incidencia de los sismos en estas tipologías y tecnologías, para finalmente establecer la correlación que existe entre las características físico mecánico de las estructuras, con su grado de penetración en el mercado durante los últimos 10 años.

Los parámetros de evaluación de daños por influencia de cargas sísmicas, en edificaciones con técnicas no convencionales, son medidos a través de la escala de intensidad macro sísmica Europea (EMS-98), para luego cotejarlos con la clasificación de daños en edificios desarrollada por Grüntal; lo que permite realizar el análisis de daños ante eventos sísmicos: fuertes, medianos y leves.

### Resultados

Las técnicas no convencionales presentadas en este análisis, en el marco de la problemática planteada, implica realizar una evaluación de las características y resultados obtenidos de las tecnologías por separado. Por un lado el ferroc-

mento con sus cualidades físicas, económicas y constructivas, elementos como menciona Wainstok (2010), aplicables en cualquier parte del mundo, y cuyas características lo presentan como una opción altamente competitiva al momento de escoger un planteamiento estructural como parte de la propuesta arquitectónica.

Por otro lado tenemos las edificaciones y tecnologías cuyo elemento base es la tierra y dentro de las cuales se encuentran el adobe, el tapial y el terrocemento. Las limitaciones físicas que estos elementos poseen al someterlas a esfuerzos sísmicos, hace necesario el procurar desarrollarlas con elementos adicionales que mejoren su desempeño, aunque existen diferencias entre cada una de estas tecnologías siguen siendo insuficientes si las comparamos con el hormigón armado. Frente a estas consideraciones se yuxtapone una adicional. En el caso de las edificaciones cuyo componente es la tierra, especialmente en aquellas formadas por adobe y tapial, un gran porcentaje de estas forman parte del acervo cultural de las ciudades, pueblos y comunidades, como es el caso de los 5.000 bienes inmuebles del Centro Histórico de Quito, declarado por la UNESCO como patrimonio de la humanidad. Es importante incluir este factor en el análisis puesto que ya no es únicamente el factor económico y estructural a considerar (dependiendo del área de estudio), sino también el cultural y cómo este puede ser beneficiado o perjudicado con el desarrollo de las tecnologías.

La conservación de las edificaciones, junto con las tecnologías que las componen, forman parte de una de las dos ramas de los estudios realizado con la tierra. Por un lado el mantenimiento de las estructuras, sobre todo las patrimoniales, y por otro el desarrollo de elementos que permitan a las construcciones (sobre todo de adobe), soportar eventos sísmicos ha motivado el desarrollo de un gran número de estudios. Sin embargo, desde el punto de vista económico aún siguen sin poder competir con otras en las que procesos de industrialización han facilitado un desarrollo continuo, tal es el caso de los paneles de hormigón armado, una tecnología derivada del ferrocemento, que incorpora planchas de poliuretano en su composición, y que está presente sobre todo en el mercado inmobiliario en forma de divisores y tabiques.

El caso del ferrocemento amerita un análisis particular, las características tanto físicas como constructivas del material abren un abanico de opciones, que no solo destacan por la forma de reducir recursos en su ejecución, sino que han permitido concebir a los proyectistas formas y diseños, cuyo impacto en la sociedad ha calado.

Pero la versatilidad de las opciones permite el desarrollo de propuestas que han encontrado en la industrialización de los elementos un nicho.

Es el aspecto económico uno de los puntos fuertes de esta tecnología, por permitir bajar los costos de producción y de materia prima empleada, de esta forma alcanza resultados similares a los obtenidos con el hormigón armado, sin embargo, permite reducir tiempos de ejecución sin que conlleve dificultad o requiera de un personal calificado en su proceso de fabricación.

Este escenario permite visualizar un campo idóneo para el desarrollo de proyectos no solo de interés social, sino también para que pueda prepararse un proyecto de contingencia ante eventos sísmicos como el de Chile en el 2015, donde 610 damnificados y un millón de evacuados fue el resultado de un terremoto de magnitud 8,4 [15].

Las obras y estudios desarrollados dan fe de una técnica con muchas cualidades. En el Ecuador existen diversas empresas que se dedican a la fabricación de paneles prefabricados, para paredes, losas, etc. y que han encontrado sobre todo en proyectos inmobiliarios de mediana y gran escala su mercado objetivo.

Ventajas y desventajas de las técnicas no convencionales de construcción de edificaciones frente a un evento sísmico de intensidad baja, media y alta.

Para realizar el análisis del comportamiento de cada una de las tecnologías frente a un evento sísmico, sea este de magnitud baja, media y alta, es importante agrupar cada una de las escalas de intensidad sísmica presentada en el análisis (Tabla 4).

**Tabla 4.** Agrupación de los grados de daños en edificaciones de acuerdo al planteamiento del estudio

Clasificación de mampostería Grúnthal	Intensidad según Mercalli	Intensidad daños en edificios analizada en el presente estudio
Grado 1	I II III	Intensidad Baja
Grado 2	IV V	
Grado 3	VI VII	Intensidad Media
Grado 4	VIII IX X	Intensidad Alta
Grado 5	XI XII	

Con base en la información anterior, la respuesta de las tecnologías no convencionales frente a un evento sísmico se representa de la siguiente forma:

*Ferrocemento*

Intensidad Baja.- Resiste los eventos sísmicos de intensidad baja, la característica del material a soportar esfuerzos de este tipo y mejor resistencia al microfisuramiento, permite que no se presenten daños en las estructuras de este tipo.

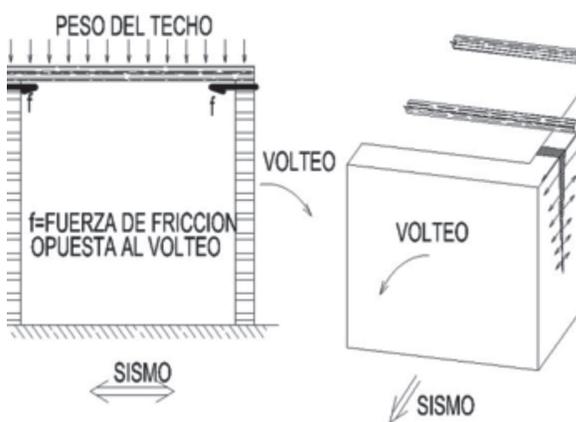
Intensidad Media.- Las estructuras facturadas con esta tecnología resisten eventos sísmicos de intensidad media. Dependiendo del nivel de intensidad del sismo pueden presentarse fisuras, pero sin que esto condicione la integridad estructural o colapse la estructura.

Intensidad Alta.- Puede presentarse desprendimientos de la estructura, sobre todo si no existe una estructura secundaria como nervaduras

*Adobe*

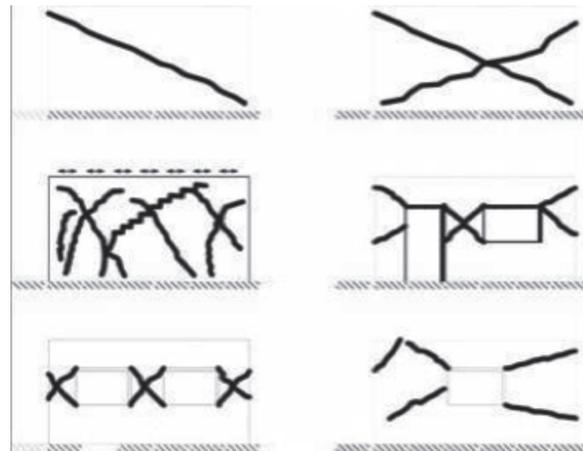
Intensidad Baja.- El comportamiento de la estructura en este grupo de sismos, puede presentarse a través de fisuramientos en los muros, estos daños no representan problemas o condicionan la estructura, se requiere de intervenciones menores.

Intensidad Media.- La carga sísmica en el grupo de sismo de intensidad media, causa problemas estructurales en la estructura de adobe, principalmente por la falta de cohesión entre muros, por la presencia de fisuras. Esto puede provocar el volteo de muros.



**Figura. 7.** Esfuerzo en un evento sísmico [16].

En los sismos con mayor intensidad (VIII y IX), la estructura se encuentra comprometida, el nivel de daños la pueden llevar al colapso.



**Figura 8.** Representación gráfica de daños en muros de adobe [16].



**Figura 9.** Daños en muros de adobe por esfuerzos sísmicos [16].

La intervención para la conservación de la edificación debe ser inmediata y requiere de un apuntalamiento previo y medidas específicas y un mayor grado de conocimiento para consolidar la estructura y recuperar su condición físico - mecánica.



**Figura 10.** Daños en muros de adobe por esfuerzos sísmicos [16].

Intensidad Alta.- El nivel de resistencia de los muros de adobe ante sismos de intensidad alta es nula. La forma del colapso de las estructuras no permite que se tomen medidas para su salvaguarda, por la forma y agresividad de los esfuerzos.

El inmueble puede llegar a perderse por completo ante la presencia de este grupo de movimientos sísmicos, arriesgando la integridad de las personas que lo habitan.

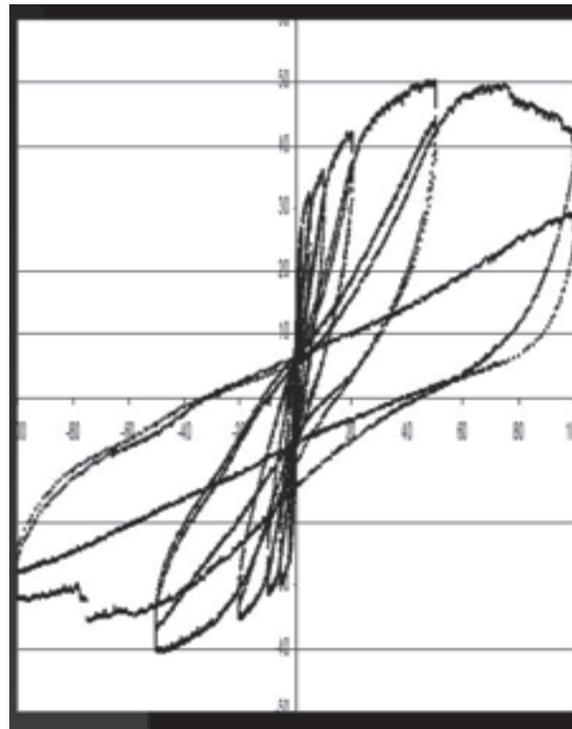
Los estudios del comportamiento de la estructura de adobe a esfuerzos sísmicos, ha motivado el desarrollo de alternativas que favorezcan el mantenimiento de la técnica constructiva, y que permitan que esta pueda resistir las características de estos eventos.

El refuerzo con geomalla es precisamente una de las alternativas encontradas ya que sus resultados logran un mejor desempeño de los muros portantes de adobe, mejorando la resistencia de los mismos.

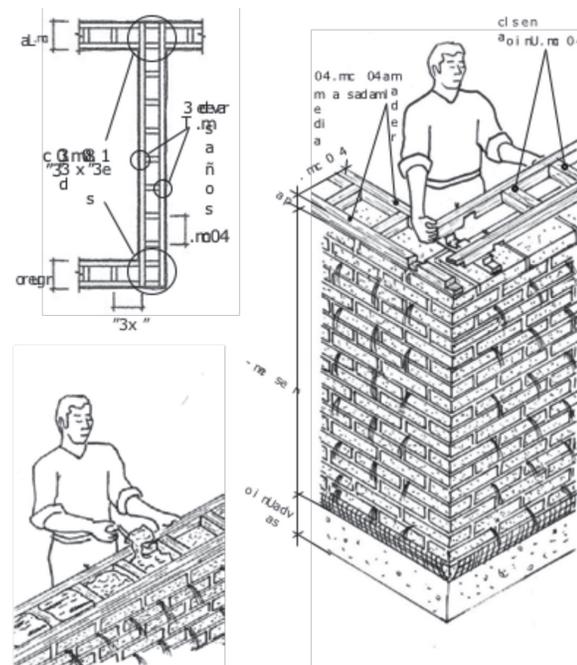


**Figura 11.** Ensayos en muros reforzados con geomalla [16].

Un reforzamiento adicional planteado por (Vargas Neumann, Torrealva & Blondet, 2007), consiste en la construcción de una viga collar armada sobre los muros y a los cuales las mallas son fijadas, previo al tarrajado<sup>6</sup> [16].



**Figura 12.** Resultados de esfuerzos en muro reforzado [16]



**Figura 13.** Armado de viga collar [17]

<sup>6</sup> Según la Real Academia de la Lengua, se denomina tarrajear a la acción de enlucir la superficie.

El reforzamiento de los muros portantes de adobe permite evitar el colapso de las estructuras logrando un mayor grado de resistencia de los mismos.

Es importante mencionar que trabajos como el realizado por [16], no solo permiten el mejoramiento de la tecnología constructiva, sino también constituyen una herramienta para el constructor sea este maestro de obra, albañil o público en general. De esta forma se consigue difundir un adecuado proceso constructivo y que esté al alcance de todos, algo que servirá mucho sobre todo en zonas rurales del país; sin duda su réplica puede ser un aporte significativo a la comunidad.

Finalmente se puede concluir que hay factores intrínsecos, asociados a tecnologías como el adobe y tapial, estos factores culturales forman parte de la identidad de los pueblos. El desarrollo de las tecnologías permitirá no solo mantener un legado cultural, sino garantizar su aplicabilidad y sustento.

### Tapial

El tapial es una tecnología constructiva, que guarda una relación con la actuación del adobe, sin embargo, los muros con tapial presentan un mejor comportamiento ante los esfuerzos sísmicos.

El confinamiento y la forma constructiva de los muros de tapial permiten el mejor desempeño de los mismos ante eventos sísmicos

**Intensidad Baja.-** No presentan mayores problemas, se observan daños superficiales, que pueden ser reparados sin la intervención específica de un técnico especializado.

**Intensidad Media.-** Se puede observar la presencia de fisuras, estructuralmente puede presentarse problemas que deben ser atendidos por un profesional especializado en el tema. Se recomienda el apuntalamiento inmediato de las estructuras.

**Intensidad Alta.-** Los esfuerzos sísmicos pueden provocar el colapso de las estructuras, el nivel de intervención es alto y se requiere de un personal técnico especializado para la consolidación de la estructura.

### Terrocemento

El Terrocemento como tecnología cuyo material primario es la tierra, presenta mejores condiciones a la resistencia que las otras tecnologías (adobe, tapial), la presencia del cemento permite el

reforzamiento y mejoramiento del comportamiento ante un sismo, sin embargo los esfuerzos laterales presentes en estos eventos también causan problemas en estas estructuras, por lo que es necesario la incorporación de reforzamientos adicionales.

**Intensidad Baja.-** No se presentan problemas considerables en la estructura, el nivel de reparación es bajo y puede ser realizado por personal no especializado.

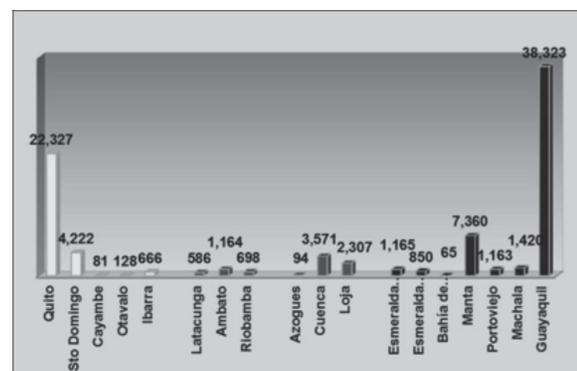
**Intensidad Media.-** Puede presentarse fisuras en las estructuras, se recomienda el apuntalamiento inmediato de las mismas. La reparación requiere de personal técnico especializado.

**Intensidad Alta.-** Se puede presentar el colapso de las estructuras, sin embargo el grado de resistencia en comparación al adobe y tapial es mayor, por lo que el comportamiento de la estructura al colapso no es en forma abrupta.

*Grado de penetración en el mercado de la construcción de edificaciones con técnicas no convencionales, en los últimos 10 años.*

Para realizar el análisis de penetración en el mercado de la construcción de edificaciones con técnicas no convencionales, en los últimos 10 años, es importante realizar una revisión del comportamiento del sector inmobiliario en los últimos años.

La política del Estado a través de un fondo de préstamos para promotores y clientes a través de BEV, MIDUVI, Banco del Pacífico y un programa de créditos hipotecarios a través del BIESS [1], ha permitido el desarrollo de proyectos inmobiliarios en los últimos años.



**Figura 14.** Oferta de unidades de vivienda, diciembre 2011.

**Fuente:** Market Watch, Visión Inmobiliaria 2012

(Market Watch Ecuador, 2015) ...en el nicho de viviendas de interés público, es decir de hasta USD 70.000, las ventas no se han frenado y es donde existe un mayor interés del comprador debido a los incentivos que rigen para el segmento como mayor plazo y menor tasa de interés.

Germán Carvajal, director del área inmobiliaria de MarketWatch, explicó que hoy se ofertan en el país 1.053 proyectos. De ellos, 10% corresponde al nicho de “segunda vivienda”, que es la vivienda recreativa y, en algunos casos, de inversión.

Más de 50% del total de la oferta del país se comercializa en Quito y Guayaquil... [18].

El interés de representar estos datos, está ligado a las ventajas de una de las tecnologías, el ferrocemento por sus ventajas económicas se ha utilizado en la construcción de embarcaciones, piscinas y viviendas. Una actualización del sistema tecnológico es muy común encontrarlo en proyectos inmobiliarios de gran escala (edificios de departamentos o conjuntos habitacionales), sobre todo en la ciudad de Quito.

La tecnología se compone de una malla electro soldada sobre una plancha de poliuretano, en la cual se coloca el hormigón. La placa resultante forma parte de un proceso industrial, utilizado en divisores de ambientes losas y fachadas.

La industria de los prefabricados sin embargo, no solo encuentra un nicho en los proyectos inmobiliarios, los proyectos de interés social y de emergencia ante eventos sísmicos ha permitido el desarrollo de programas con estas características.

En Chile por ejemplo como consecuencia del terremoto ocurrido en el 2010, el Gobierno chileno desarrolló un proyecto de vivienda denominado “Chile Unido

Reconstruye Mejor”, este proyecto tenía como objetivo la construcción de 1.500 viviendas (48 a 57 m<sup>2</sup>) en un mes, bajo normas y regulaciones antisísmicas, térmicas, acústicas y contraincendios.

En el caso de las construcciones con tierra los proyectos contienen un enfoque diferente. El mejoramiento estructural ha sido uno de los objetivos de los estudios desarrollados, la difusión de material que sirva para el mejoramiento de la tecnología constructiva, y que esté al alcance de cualquier persona sin que esta tenga un alto nivel de conocimiento ha sido el objetivo de cartillas, folletos y demás documentos difundidos sobre todo en ciudades como Perú, Chile y México. En el Ecuador se han desarrollado estudios y proyectos de rehabilitación de edificaciones con tierra, instituciones como el Instituto

Nacional de Patrimonio Cultural y el Instituto Metropolitano de Patrimonio, han llevado al frente estos proyectos, pero el enfoque ha sido la conservación y prevención del patrimonio edificado y sus tecnologías constructivas.

El ámbito cultural en las que las tecnologías cuyo componente es la tierra, está íntimamente ligado a la difusión y mantenimiento de esta tecnología, es cada vez más difícil sobre todo en un medio en el cual los procesos constructivos son parte de una industria que ha globalizado materiales y sistemas sin que estos representen mejores opciones económicas, pero al no tener mano de obra capacitada resultan ser las tecnologías conocidas como tradicionales las empleadas en la construcción de vivienda sobre todo en zonas rurales.

## Discusión

Las edificaciones cuya base es la tierra, no llegan a obtener las mismas ventajas estructurales como el hormigón ante un evento sísmico, sin embargo, la conservación del patrimonio arquitectónico ha permitido el desarrollo de estudios que posibiliten la conservación de las edificaciones y de las técnicas constructivas que lo conforman.

Existe un considerable número de estudios realizados en América Latina para el mejoramiento de las estructuras con tierra, tecnologías que son amigables con el ambiente, pero sobre todo sustentables, donde el factor económico disminuye en comparación con el hormigón o ladrillo. La mano de obra calificada en la ejecución de proyectos con tierra, es una debilidad en la actualidad, ante un proceso de globalización, donde el abuso del hormigón y acero ha terminado por destruir la imagen de los pueblos y su cultura.

El mal llamado símbolo de progreso, representado por viviendas de bloque, hormigón y vidrio, ha condicionado la forma de vida del hombre y el entorno en el que se ubica, muchas veces desconociendo las bondades y ventajas de la construcción en tierra, interpretando como mejora económica el desarrollo de procesos industriales en técnicas importadas, y ajenas a la cultura e identidad de los pueblos.

El progreso de una ciudad también debe estar acompañado del mejoramiento en la calidad de vida para el que la ocupa, la aplicabilidad de estas técnicas en metrópolis no está fuera de contexto, es necesario desarrollar propuestas que planteen

alternativas a los proyectos comúnmente conocidos, en beneficio de sus habitantes y su legado.

### Conclusiones

Las técnicas no convencionales (con excepción del ferrocemento), estructuralmente tienen limitaciones ante esfuerzos sísmicos; sin embargo, varios estudios han permitido el mejoramiento de sus cualidades a fin de contar con estructuras antisísmicas con base de tierra.

El Ecuador es un país con un alto nivel de presencia sísmica, sin embargo no se puede determinar que se encuentre preparado para resistir un evento sísmico fuerte. Esto se debe a la gran cantidad de vivienda informal, y a la falta de seguimiento y control, tanto de la construcción, como de los materiales empleados en su ejecución.

Los estudios desarrollados en países como Perú, Chile o México se han enfocado no solo en el mejoramiento de las técnicas constructivas con tierra, sino también en la difusión y accesibilidad a la información, el preparar mano de obra sobre todo en zonas rurales es un acierto no solo para mantener la técnica constructiva sino también para brindar una vivienda accesible y con las condiciones básicas de confort y seguridad. Este

es un proyecto que se puede aplicar en nuestro país, como parte de las medidas para alcanzar el buen vivir.

En el caso del ferrocemento se aprovecha de esta tecnología para el planteamiento de soluciones emergentes y que formen parte de procesos industriales, para abastecer una demanda generada por un evento no planificado como es el caso de un terremoto o la reubicación de un poblado por actividad volcánica. Se estima que puede formar parte de un proyecto de contingencia ante cualquiera de estos eventos naturales, cuya presencia requiere de medidas emergentes y sobre las cuales aún no se han trabajado o propuesto soluciones sustentables.

En los últimos 10 años no se ha podido ubicar proyectos inmobiliarios en el país donde las construcciones con técnicas no convencionales aparezcan como una opción en el mercado inmobiliario. Quito y Guayaquil son las ciudades con más desarrollo en proyectos inmobiliarios, sin embargo no todas las soluciones habitacionales cuentan con las condiciones y calidad necesarias. Es importante marcar un punto de inflexión acerca de los productos que se ofertan en el mercado y del mismo modo a los que se accede con el fin de alcanzar el necesario y tan anhelado hogar.

### Bibliografía

- [1] Alemán, F., Armijos, J., & Ordeñana, X. (2016). *Análisis y evolución de los costos de los principales insumos del sector de la construcción en el Ecuador en el período 2004–2011*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Retrieved 28 February 2016, from [http://www.espae.espol.edu.ec/images/documentos/publicaciones/reportes\\_investigacion/costos\\_construccion.pdf](http://www.espae.espol.edu.ec/images/documentos/publicaciones/reportes_investigacion/costos_construccion.pdf)
- [2] Barros, L., & Imhoff, F. (2010). Resistencia sísmica del suelocemento post tensado en construcciones de baja complejidad geométrica. *Revista de la Construcción*, 9(2), 26-38. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-915x2010000200004>
- [3] Calero, C. (2016). 12 muertos y un millón de evacuados tras un terremoto de magnitud 8,4 en Chile. *El Mundo*. Retrieved 18 February 2016, from <http://www.elmundo.es/internacional/2015/09/17/55f9fd74268e3edc718b45c4.html>
- [4] Cooperativa.cl. (2016). *Aprenda a utilizar la escala Mercalli y Richter de sismos*. Retrieved 22 February 2016, from <http://www.cooperativa.cl/noticias/pais/sismos/aprenda-a-utilizarla-escala-mercalli-y-richter-de-sismos/2010-03-03/173638.html>
- [5] El Universo (2010). *El país registra alto riesgo de vulnerabilidad sísmica*. Retrieved 15 February 2016, from <http://El país registra alto riesgo de vulnerabilidad sísmica - Ecuador - Noticias | El Universo>
- [6] Izquierdo, A. (1999). *Intensidad macrosísmica*, Instituto Geográfico Nacional, Madrid. Informe.
- [7] Silva, W. (2010). *Construcción de casas sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas*. Retri-

- ved 27 february 2016, from  
<http://www.pucp.edu.pe/documento/publicaciones/construccion-decasas-saludables-y-sismo-resistentes-de-adobe-reforzado-zona-de-lasierra.pdf>
- [8] Loreto, J. (2012). *Arquitectura de tierra en Sonora. Estudios sobre arquitectura y urbanismo del desierto*, 4(4), 12, 15, 21, 23, 25, 26. Retrieved from  
<http://www.dad.uson.mx/esaud4.pdf>
- [9] Magnitud de un sismo Cálculo de la magnitud. (2016). Retrieved 24 February 2016, from  
<http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-unsismo.pdf>
- [10] Market Watch Ecuador. (2015). *1.046 planes de vivienda se construyen en Ecuador*. Retrieved 28 February 2016, from <http://marketwatch.com.ec/2015/11/1-046-planes-de-vivienda-se-construyen-en-ecuador/>
- [11] Metrodequito.gob.ec. (2016). *Estudio de impacto ambiental. Metro de Quito*. Retrieved 21 February 2016, from  
<http://www.metrodequito.gob.ec/metro.php?c=1353>
- [12] Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2016). *Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras*. Retrieved 15 February 2016, from  
[http://www.normaconstruccion.ec/capitulos\\_nec\\_2015/NEC\\_SE\\_R\\_E\\_\(Riesgo\\_sismico\).pdf](http://www.normaconstruccion.ec/capitulos_nec_2015/NEC_SE_R_E_(Riesgo_sismico).pdf)
- [13] Pesantes Rivera, M., & González Aguirre, I. (2011). *Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar*. Quito: INPC.
- [14] Press, F. (1984). *Proceedings of the 8th World Conference on Earthquake Engineering*. Retrieved 24 February 2016, from  
[http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/18\(2\)0115.pdf](http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/18(2)0115.pdf)
- [15] Singaicho, J. (2009). *Mapa de máximas intensidades sísmicas del Ecuador. Criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades* (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional.
- [16] Vargas Neumann, J., Torrealva, D., & Blondet, M. (2007). *Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas* (p. 26). Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- [17] Wainshtok, H. (2010) (4th ed., pp. 2, 3, 4, 5, 16, 17, 35, 62, 63, 168). Riobamba: La Fabrika Comunicación Integral.
- [18] Www4.tecnun.es. (2016). Escala M.S.K.. Retrieved 3 March 2016, from  
<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/111EscMSK.htm>



# Aseguramiento de flujo en el transporte de petróleo pesado – disminución de caudal

---

**Zambrano Armijos Mónica Alexandra**

Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática,  
Instituto de Investigación y Posgrado, Quito, Ecuador  
e-mail: kavmony@hotmail.com

Información del artículo

Recibido: Junio 2015 – Aceptado: Agosto 2015

---

## Resumen

La investigación demanda para su estudio el análisis de los diferentes caudales de producción de petróleo pesado con diferentes calidades API, por lo que para tal efecto se considera condiciones actuales de transporte de fluido por el oleoducto. El análisis se fundamenta en las simulaciones de estado dinámico. Para el caso base, motivo de estudio, se nota la presencia de una baja desviación en los parámetros simulados y se lo considera representativo, debido a las condiciones de frontera del oleoducto, las composiciones del fluido y su ajuste a las diferentes calidades API, datos de la tubería, condiciones ambientales y la máxima presión de operación del oleoducto.

El estudio y las simulaciones llevadas a cabo, permiten concluir que el aseguramiento de flujo en el oleoducto en condiciones actuales de operación es de un caudal mayor a 14.000 bopd (barriles de petróleo por día) para no superar las presiones de operación permisibles, en tanto que para transportar flujos menores es necesario considerar otras alternativas de manejo de flujo: inyección de diluyente, mejoradores de flujo o puntos de calentamiento adicionales a lo largo del oleoducto.

**Palabras clave:** aseguramiento flujo, petróleo, petróleo pesado, caudal, transporte petróleo.

## Abstract

The investigation demanded an analysis of different heavy oil flows production with several API degrees, the current conditions of fluid transport through pipeline was used; this analysis is based on simulations of dynamic state.

For the base case there are simulated parameters with low deviation, this case is considered representative, due to boundary conditions for pipeline, fluid characterization and several qualities API, pipeline conditions, ambient conditions and the maximum operation pressure of the pipeline. The conclusion for this study is that the flow assurance in the pipeline in current operating conditions is greater than flow of 14,000 bopd (barrels oil per day) for not to exceed to allowable operating pressures, whereas for transporting low flow is necessary to consider other flow alternatives management: diluent injection, flow improvers or additional heating points along the pipeline.

**Keywords:** flow assurance, oil, heavy, oil, flux, oil transportation.

## Introducción

La investigación describe un sistema de transporte de petróleo pesado con disminución de caudal. Se desea obtener, mediante un estudio, el posible caudal óptimo que permita el aseguramiento de transporte de petróleo pesado por el oleoducto.

De esta manera se busca mantener las estrategias de producción, operación, monitoreo, control durante la producción de petróleo pesado, enfatizando la necesidad del monitoreo y el uso de herramientas tecnológicas como simulaciones para lograr identificar y optimizar el sistemas de transporte de crudo pesado y altamente viscoso [1].

El transporte de crudos pesados a través de oleoductos es muy difícil debido a su alta viscosidad y baja movilidad. En las últimas dos décadas, los crudos pesados y extra pesados están siendo visualizados como una fuente de energía alterna, debido a la declinación en la producción de crudos livianos y al incremento en la demanda de energía. Los crudos pesados son los considerados de baja gravedad API menor a 20° API, y alta viscosidad. Lo que caracteriza a este tipo de crudos pesados es la baja proporción relativa de componentes de bajo peso molecular y fracciones livianas [2].

Los crudos pesados se han producido con éxito durante varias décadas en varios lugares alrededor del mundo. La rentabilidad de la producción de aceites pesados está directamente relacionada con el precio del petróleo. En entornos de alto precio, la producción de estos yacimientos de petróleo pesado puede ser relativamente rentable, pero en entornos de bajo precio puede ser marginal o no económico. El alto costo de producción de aceites pesados se atribuye a sus cualidades intrínsecas que se caracterizan por una baja gravedad API (por lo general menos de 20), de alta viscosidad, bajo punto de fluidez e índice de acidez alta. Cada uno de los factores anteriormente mencionados conduce a un alto costo de producción de cada barril de petróleo pesado.

### *Propiedades de los crudos pesados*

Las propiedades de flujo de los crudos pesados se han estudiado en términos de su composición y temperatura. Un trabajo experimental mostró que la alta viscosidad de los petróleos pesados se puede atribuir a la superposición de sus asfaltenos. Se ha demostrado que sin resinas, la

viscosidad sería aún mayor y que a medida que disminuye la temperatura, no solo aumenta la viscosidad, sino que también el comportamiento reológico de los aceites pesados se convierte en no newtoniano. En tales condiciones, las diluciones todavía parece ser un tratamiento adecuado ya que disminuye fuertemente la viscosidad y el comportamiento no newtoniano [3].

La viscosidad de un líquido se define como la propiedad de un fluido que ofrece resistencia al movimiento relativo de sus moléculas. La pérdida de energía debida a la fricción en un líquido que fluye se debe a su viscosidad. Aunque es muy viscoso, los crudos pesados se comportan como fluidos newtonianos, donde la viscosidad es una función solamente de la temperatura [4].

### *Aseguramiento de flujo*

El aseguramiento de flujo se deriva como una directriz operacional, que permite como resultados las recomendaciones de cómo operar el sistema, cuáles son las restricciones, cómo manejarlas y cuál es el impacto de esta información a lo largo del transporte. Identificando las operaciones de riesgo [5].

El aseguramiento de flujo requiere la aplicación de múltiples disciplinas, en particular, una combinación de la química de la producción (caracterización del fluido), la hidrodinámica de múltiples fases, la termodinámica y la ciencia de materiales. A esto se añade la necesidad de tener una sólida comprensión de las limitaciones operativas, y queda claro por qué la experiencia en el aseguramiento del flujo sigue siendo valorado en la industria. El aseguramiento de flujo aborda desde el proceso de extracción de petróleo hasta su entrega en la disposición final. Donde se debe incluir varios aspectos claves de la mecánica de fluidos, transferencia de calor, química yacimiento de petróleo, y la instrumentación de procesos y control. Es importante que se pueda predecir la presión y la temperatura del fluido como una función del comportamiento del oleoducto en el transporte. Además se debe gestionar la corrosión, erosión, deposición de cera, la deposición de incrustaciones, y la formación de hidratos. El efecto de flujo inestable en la estabilidad de los controles y equipos de proceso continúa para limitar el rango de operación [6].

Comprender fundamentalmente los simuladores ya que se han desarrollado permitiendo un avance significativo en la discusión y diseño

de ingeniería. La ciencia es fundamental para la simulación, la simulación es fundamental para la ingeniería y la ingeniería es fundamental para la ejecución y operación. El aseguramiento de flujo es exitoso cuando las operaciones generan un flujo fiable, manejable y rentable de los fluidos desde el proceso de extracción hasta el punto de venta. La disciplina de aseguramiento de flujo impulsa una nueva perspectiva, un nuevo enfoque en las operaciones de producción fiables, desde el diseño conceptual de las operaciones [7].

En cada fase del desarrollo de un campo de petróleo, se emplean modelos computacionales para calcular la producción o costos. Sin embargo, las decisiones se basan en los resultados de estos modelos. Algunos ejemplos son la caracterización del campo y el pronóstico (forecast) de producción [8].

### Capacidad máxima de transporte

La capacidad máxima de transporte de los oleoductos está definida como el caudal máximo de fluido de una densidad y viscosidad dada que puede transportarse, sin que la presión interna sobrepase la máxima presión de operación (MPO) en ningún punto a lo largo de la tubería. Esta variable se determina haciendo uso de la teoría de flujo de fluidos por tubería.

### Materiales y métodos

El modelamiento dinámico del transporte de petróleo pesado se describe desde el punto de entrega del petróleo y su recorrido a lo largo del oleoducto hasta llegar hasta su punto de entrega final. A manera de ejemplificación se emplea un modelo de simulación dinámica que evidencia el análisis hidráulico del comportamiento del oleoducto que va desde la estación de bombeo (A), pasando por la estación de bombeo (B) y (C) hasta llegar al punto de entrega (E), como se visualiza en el esquema del oleoducto en la figura 1.



Figura 1. Esquema del oleoducto.

La simulación, considera los parámetros de fluido, caracterización del crudo pesado con ajustes de densidad y viscosidad y parámetros de campo: perfil topográfico, enterramiento, diámetros internos y materiales, presiones y temperaturas.

### Condiciones de frontera

En el punto de salida (A) la temperatura se considera en 162°F y con una fuente de masa de 18.98 GPM (27,331 bopd). En el punto de llegada (E) la temperatura es de 98°F con una presión de 50 psig y un corte de agua de 0.05%.

### Composición del fluido

Se genera una composición para cada fluido de diferente densidad API basándose en la curva TBP (True Boiling Point) curvas de temperatura real de ebullición. Posteriormente, se obtiene los otros fluidos necesarios, para los cuales se realiza ajustes de densidad y viscosidad. En la figura 2 se muestra el ejemplo de ajuste de viscosidad para el fluido de 15.3 °API.

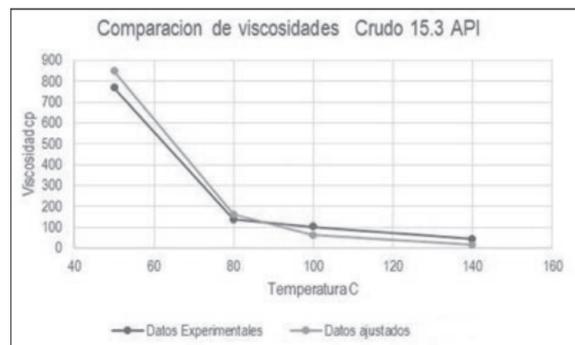


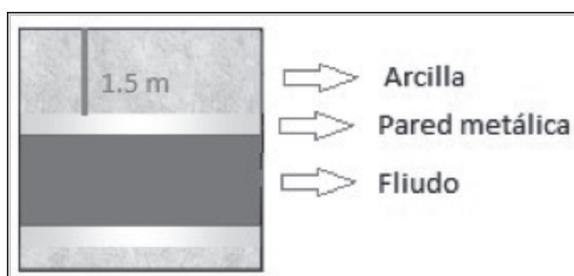
Figura 2. Ajuste de viscosidad experimental del fluido de 15.3 °API (Resultados de prueba de campo).

Se generan las tablas de propiedades del fluido para las diferentes calidades API: 14.5, 14.4, 14.3, 14.1, 13.8, 13.5, 13.0, 12.9 °API, manteniendo como referencia los ajustes de las viscosidades anteriores. La composición del fluido se satura en condiciones estándar Temperatura = 60 °F y Presión 14.7 psi.

*Datos de tubería*

La tubería tiene un tramo de 134 km de longitud con diámetro nominal de 16 pulgadas y un tramo de 9 km de longitud con diámetro nominal de 24 pulgadas. El esquema aproximado del oleoducto se muestra en la figura 1.

La profundidad de enterramiento es aproximadamente 1.5 m. Se calcula el espesor equivalente para este enterramiento cuando se modela como capas concéntricas siendo 3.19 m para la tubería de 16 in y 3.28 m para la tubería de 24 in. En la figura 3 se muestra el enterramiento de la tubería y su distribución.



**Figura 3.** Enterramiento de la tubería.

*Condiciones ambientales*

Se supone una temperatura ambiente de 80°F.

*Otras consideraciones*

Se dispone de transmisores indicadores de presión en ciertos tramos del oleoducto lo que permite mediante la simulación contrastar los valores reales con los calculados en la simulación y conocer el porcentaje de desviación de los parámetros en la simulación desarrollada. Con todas estas consideraciones se podrá obtener los perfiles de presión en el transporte de petróleo pesado y se evalúa diversos flujos y diferentes densidades API.

Es necesario tomar en cuenta que la máxima presión de operación del oleoducto en las condiciones actuales es 1,350 psi.

En la tabla 1, se muestran los caudales con sus diferentes densidades API que se tienen pro-

nosticados como producción de petróleo pesado (Forecast Petróleo).

**Tabla 1.** Forecast petróleo

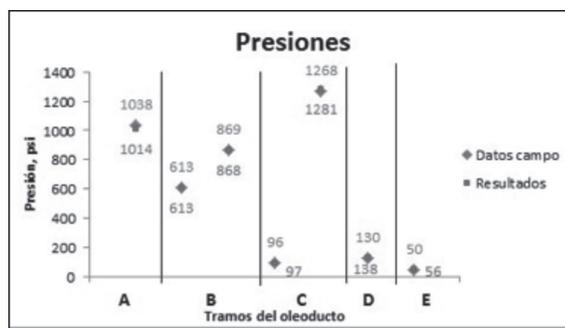
Flujo bopd	Densidad °API
25363	14.5
21057	14.1
17065	14.3
14077	13.8
11399	13.5
9209	12.9
7382	13.0
5680	13.5

Nota: Resultados de prueba de campo.

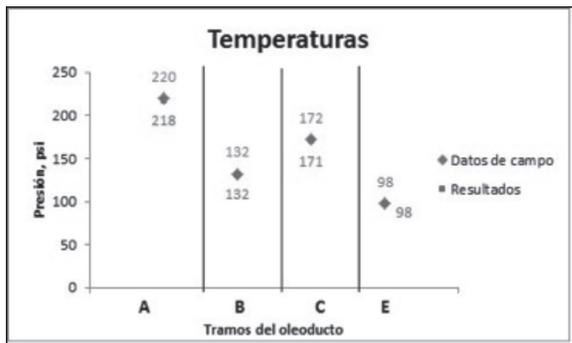
**Resultados y discusión**

Con respecto a la caracterización del fluido los resultados y ajustes obtenidos, se obtiene una desviación en las viscosidades del crudo del rango del 10 al 20% dentro de las temperaturas de operación del oleoducto. Estas desviaciones son normales ya que el crudo manifiesta una alta complejidad en lo que al comportamiento de la viscosidad se refiere.

En la figura 4 y figura 5 se muestran los resultados de las presiones y temperaturas del caso base.



**Figura 4.** Presiones del caso base del oleoducto (Resultados de prueba de campo).



**Figura 5.** Temperaturas del caso base del oleoducto (Resultados de prueba de campo).

En la tabla 2 se muestran los resultados del caso base de acuerdo a los datos de operación del campo. Como se puede observar los resultados y los datos de campo (presión y temperatura) están dentro del 12% de desviación en cuanto se refiere a la presión; en tanto que los valores para la temperatura muestran una diferencia no mayor al 1% de desviación.

En referencia con estos resultados, el modelo de simulación es concebido como representativo para realizar el análisis de los diferentes caudales descritos en la tabla 1, desde la estación (A) hasta el punto de entrega final (E).

**Tabla 2.** Resultados Case base Oleoducto

Localización	Descripción	Datos campo	Resultados	Desviación
A	P-Lanz., psig	1038	1014	2.3%
	T-Lanz., °F	220	218	0.9%
B	P-Recib., psig	613	613	0.0%
	P-Lanz., psig	869	868	0.1%
C	T-Lanz., °F	132	132	0.0%
	P-Recib., psig	96	97	-1.0%
D	P-Lanz., psig	1268	1281	-1.0%
	T-Lanz., °F	172	171	0.6%
E	P-Recib., psig	130	138	-6.2%
	-Lanz., °F	T98	98	0.0%

*Nota:* P-Lanz.= es la presión en el lanzador, P-Recib.= es la presión en el receptor, T\_Lanz. = es la temperatura en el lanzador. (Resultados de prueba de campo).

Se evalúan las disminuciones de caudal y diferentes densidades API (tabla 1) y los resultados se muestran en la tabla 3, los valores no reportados para los flujos de 9,200 bopd y flujos menores

se debe a que exceden la presión de 2500 psi y no muestran estabilidad.

**Tabla 3.** Resultados del comportamiento del oleoducto con disminución de caudal

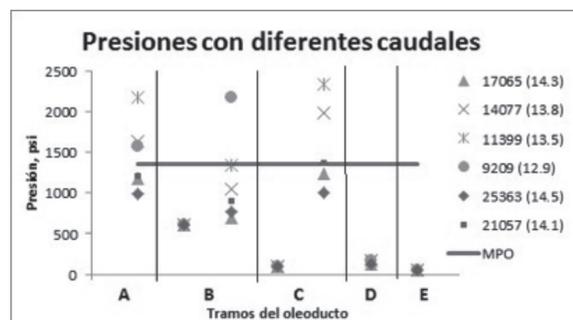
Flujo (API) bopd (°API)	Presión de Lanzador, psi		
	Presión A	Presión B	Presión C
25363 (14.5)	990	763	1003
21057 (14.1)	1213	900	1369
17065 (14.3)	1176	702	1231
14077 (13.8)	1628	1044	1980
11399 (13.5)	2173	1343	2332
9209 (12.9)	1580	2170	-
7382 (13.0)	-	-	-
5680 (13.5)	-	-	-

Flujo (API) bopd (°API)	Presión de receptor, psi			
	Presión B	Presión C	Presión D	Presión E
25363 (14.5)	613	96	122	50
21057 (14.1)	613	96	144	50
17065 (14.3)	613	96	131	50
14077 (13.8)	613	96	164	50
11399 (13.5)	613	96	167	50
9209 (12.9)	613	96	166	50
7382 (13.0)	613	96	-	50
5680 (13.5)	613	96	-	50

*Nota:* Resultados de prueba de campo.

De los resultados de la tabla 3, se puede observar en la figura 6, que no es posible manejar flujos menores a 14,000 bopd (13.8 °API) debido a que la máxima presión permisible del oleoducto estaría excedida (1350 psi).



**Figura 6.** Presiones con diferentes caudales (Resultados de prueba de campo).

## Conclusiones

Los datos actuales permiten desarrollar un modelo de simulación que representa adecuadamente las condiciones operativas del oleoducto de transporte que va desde la estación de bombeo (A) hasta el punto de entrega final (E). La desviación entre los valores reportados en campo y el modelo de simulación no son mayores al 12 %.

Los diferentes flujos y densidades API permiten evaluar el comportamiento de las estaciones de bombeo en los puntos (A), (B) y (C), así como el comportamiento en las líneas de transporte en los puntos (D) y (E). Este análisis muestra que cuando se fluye a 14,000 Bpd y 13.8 de densidad API, la presión máxima de operación del oleoducto de (A) ha (B) se excede en 300 psi, en el

tramo de (C) ha (D) la presión máxima permisible del ducto se ve excedida por 600 psi.

Flujos menores de 14,000 bopd mostraron requerimientos mayores de presión a diferentes densidades API. Estos cambios tan drásticos en la presión se deben al incremento de la viscosidad en el fluido a temperaturas más bajas. Ya que la viscosidad muestra grandes variaciones con la densidad API y temperatura, se recomienda tomar muestras de las viscosidades con las densidades API más típicas que se pudieran manejar en este oleoducto para eliminar las incertidumbres.

Para flujos menores a 14,000 bopd se debe considerar la inclusión de diluyentes, mejoradores de flujo u otros sistemas que permitan asegurar el flujo de petróleo hasta su punto de entrega.

## Bibliografía

- [1] Reyes, O., Gómez J. & Martínez N. (Febrero, 2005). Aseguramiento del flujo en sistemas de aceite pesado en México, CIPM. Artículo presentado en la tercera E\_Extlep 2005, celebrada en Veracruz, México.
- [2] Díaz, J., Martínez, R., Patiño, E. & Barrero, R. (2013). Estudio experimental sobre la eficiencia de un tratamiento de ultrasonido en un sistema de flujo continuo para la reducción de viscosidad de crudo pesado. *Modelamiento de Procesos de Hidrocarburos*. 26(2), 47-63.
- [3] Henaut, I, Argillier J-F, Pierre C. & Moan M. (Mayo, 2003). Thermal Flow Properties of Heavy Oils. Offshore Technology Conference OTC 15278. Este documento fue preparado para su presentación en la OTC 2003 celebrada en Houston, Texas.
- [4] Mott R. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xU\\_avR0u66PEC&oi=fnd&pg=PA23&dq=Mecanica+de+fluidos+viscosidad&ots=wPCpCFNwJV&sig=eOT4Z\\_MNb-0q1xT5d78b7gXYoqPMI#v=onepage&q=Mecanica%20de%20fluidos%20viscosidad&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xU_avR0u66PEC&oi=fnd&pg=PA23&dq=Mecanica+de+fluidos+viscosidad&ots=wPCpCFNwJV&sig=eOT4Z_MNb-0q1xT5d78b7gXYoqPMI#v=onepage&q=Mecanica%20de%20fluidos%20viscosidad&f=false).
- [5] Wolfgang, B., & Belfroid, S. (2013). Flow Assurance Study. *Energy Procedia*, 37(1), 3018-3030. doi:10.1016/j.egypro.2013.06.188
- [6] McMullen N.D. (Mayo, 2006). Flow-Assurance Field Solutions (Keynote). OTC Offshore Technology Conference OTC 18381. Este documento fue preparado para la presentación en la Offshore Technology Conference 2006 celebrada en Houston, Texas, U.S.A.
- [7] Brown, L. (Mayo, 2002). Flow Assurance: A  $\pi^3$  Discipline. OTC Offshore Technology Conference OTC 14010. Este documento fue preparado para su presentación en la Offshore Technology Conference 2002 celebrado en Houston, Texas USA.
- [8] Twerda, A. & Omrani P. (Diciembre, 2015). Parametric Analysis and Uncertainty Quantification for Flow Assurance. IPTC International Petroleum Technology Conference IPTC-18376-MS. Este documento fue preparado para su presentación en la Conferencia Internacional de la Tecnología del Petróleo celebrada en Doha, Qatar.
- [9] Brito, A., Cabello, R., Mendoza, L., Salazar H. & Trujillo J. (2013). Heavy oil transportation as a slurry. *BHR Group 2013 Multiphase* 16. 95-104.

## Normas para publicar en la revista Ingenio

Los artículos enviados a la revista Ingenio deben ajustarse a los siguientes criterios:

### Aspectos generales

1. Podrán ser publicados todos los trabajos realizados por investigadores nacionales o extranjeros, una vez que cumplan los criterios de calidad científica requeridos.
2. La revista Ingenio publica artículos relacionados con investigaciones culminadas, revisiones bibliográficas, informes de desarrollo tecnológico, ensayos científicos, propuestas de modelos e innovaciones, productos de la elaboración de tesis de grado siempre que sean un aporte para el campo de la ciencia y tecnología.
3. La revista Ingenio publica trabajos originales e inéditos en español e inglés; es decir, no pueden haber sido publicados a través de ningún medio impreso ni electrónico.
4. Todo artículo será sometido a un riguroso proceso de arbitraje; la evaluación del artículo se hará conforme a criterios de originalidad, pertinencia, actualidad, aportes, rigurosidad científica y cumplimiento de las normas editoriales establecidas.
5. Por tratarse de una publicación arbitrada, el Consejo Editorial aprueba su publicación en base al concepto de pares especializados. La recepción de un documento no implica compromiso de publicación.
6. Es indispensable presentar una carta dirigida al Consejo Editorial autorizando a la revista Ingenio la publicación de la investigación, dando fe de la originalidad y de ser autor de la misma. Además, debe consignar constancia o credencial que conforme la adscripción a la Universidad o Centro de Investigación, tal como firma el artículo.
7. Como reconocimiento a su aporte, a cada autor se le remitirán dos ejemplares de la edición en la cual se publica el artículo.
8. El artículo propuesto se debe remitir a: [vicedecanat.fing@uce.edu.ec](mailto:vicedecanat.fing@uce.edu.ec)

### Requerimientos técnicos

9. Los artículos pueden estar escritos sobre Microsoft Word (.doc o .docx) o LATEX (.tex). Las plantillas a ser utilizadas pueden ser descargadas del sitio web de la revista (próximo a ser abierto).
10. Las ilustraciones y tablas deberán estar numeradas secuencialmente incluyendo una descripción explicativa para cada una. Las ecuaciones incluidas en el artículo deberán también estar numeradas.
11. Cuando presente el artículo, no intente diseñar el manuscrito. Use un tamaño de letra de 12 puntos en todo el manuscrito. No justifique el margen derecho.
12. Use espacio después de punto, comas y signos de interrogación.
13. Use doble "enter" al final de cada párrafo, título encabezamiento. No use "enter" en ningún otro lugar, deje al programa procesador de palabras romper automáticamente las líneas.
14. No centre encabezamientos o subencabezamientos y déjelos estar alineados a la izquierda.

15. Las tablas deben estar creadas en el mismo programa usado para el cuerpo del documento, pero deben estar guardadas en un archivo separado. Use tabuladores, no espacios, para crear columnas. Recuerde que el tamaño final de las páginas impresas será aproximadamente de 21 x 28 cm, entonces sus tablas deben estar diseñadas para ajustarse al espacio de la impresión final.

### **Instrucciones para preparación de manuscritos**

16. El manuscrito no debe tener más de 5.000 palabras de extensión e incluir algunos o todos los siguientes elementos:

#### Encabezamiento

- Título
- Autores y su adscripción institucional con referencia al final de la primera hoja
- Resumen en español e inglés
- Palabras clave en español e inglés

#### Cuerpo del trabajo

- Introducción
- Fundamentación
- Definiciones
- Revisión de literatura
- Formulación de objetivos y establecimiento de hipótesis
- Materiales, fuentes y métodos
- Recopilación de datos
- Tratamiento de las variables
- Análisis estadístico
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas
- Referencias
- Material adicional
- Elementos gráficos
- Tablas
- Agradecimientos

17. El artículo debe incluir en el encabezado: el “Título”, y a continuación se debe informar los datos de cada uno de los autores con nombre completo, y con referencia al final de la página el título universitario de pregrado y el de postgrado más alto obtenido, cargo e institución donde labora, números telefónicos (convencional y celular), la dirección y correo electrónico.

Si hay más de un autor, indicar el autor a quién se debe enviar la correspondencia.

18. El ‘Resumen’ y el “Abstract” deben ser en español e inglés, respectivamente en todos los manuscritos; deben ser de un solo párrafo, corto y conciso (máximo de 250 palabras) y resumir los resultados del artículo. Deben ser informativos no indicativos.
19. Las palabras clave serán de tres a seis y representarán los principales temas del artículo y deberán ser colocadas al final del resumen.

20. Las secciones de “Introducción”, “Materiales y Métodos”, “Resultados”, “Discusión” y “Conclusiones” del artículo pueden estructurarse divididas en diferente forma. Si el artículo describe un estudio efectuado en un área particular, ésta debe ser escrita en subencabezamientos bajo “Materiales y Métodos”.
21. Los “Resultados”, “Discusión” y “Conclusiones”, pueden ser en algunos casos combinados.
22. Los “Agradecimientos” deben ser cortos, no deben exceder de un párrafo y se colocan al final del artículo.
23. Para la integración de citas dentro del artículo, debe usarse un corchete con un número en el interior, el mismo que hará referencia al documento de citación que debe constar en la bibliografía, y se irá colocando de forma ascendente. Cuando se trata de citas textuales se escribirá entre comillas con el texto en cursiva y a continuación se debe colocar el corchete con el número que corresponda siguiendo el formato de la IEEE. Información disponible en url <http://normas-ieee.com/>
24. Las “Referencias Bibliográficas” se colocan al final del texto, luego de la sección de conclusiones.
25. Las “Referencias Bibliográficas” se colocan ordenadas en orden de citación
26. Se debe verificar con cuidado que todas las citas colocadas en el texto, aparezcan en la lista de “Referencias Bibliográficas”. En la lista sólo deben aparecer las referencias que fueron utilizadas en el texto principal del trabajo, en las tablas o en las figuras, esto implica que no deben aparecer otras referencias aunque el autor las haya consultado durante la preparación del artículo.
27. La sección de “Referencias Bibliográficas” deberá incluirse en un archivo aparte sobre LATEX, proporcionando un archivo de información bibliográfica (.bib); o si el artículo está escrito sobre Microsoft Word u otro procesador de texto, añadir una tabla en Microsoft Excel (.xls o .xlsx). De esta manera el formato de la revista para las referencias se coloca automáticamente.

### **Arbitraje**

27. El Comité Editorial remitirá al autor acuse de recibo de su trabajo en un plazo no mayor de cinco días luego de cerrada la convocatoria, y en un mes (que podría ampliarse en circunstancias extraordinarias hasta mes y medio) le remitirá la resolución final sobre el mismo.
28. Para ser publicado en la revista Ingenio, todo artículo será sometido a una fase de selección y a un proceso de dictamen. En la primera fase, el Comité Editorial seleccionará los artículos que correspondan a las áreas temáticas tratadas en la revista y que cumplan con los requisitos académicos indispensables de un artículo científico.
29. Las contribuciones serán sometidas al dictamen de dos especialistas en la materia correspondiente. Si existe contradicción entre ambos dictámenes, se procederá a una tercera evaluación que se considerará definitiva. El proceso de dictaminación será secreto y no se dará información nominal respecto a éste. Una vez emitidas las evaluaciones de los árbitros consultados, se enviará a los autores el acta de dictamen, y éstos tendrán un plazo no mayor de cinco días para entregar la versión final del artículo con las correcciones pertinentes si las hubiere.
30. El Comité Editorial de la revista verificará la versión final con base en los dictámenes e informará a los autores en qué número de la revista será publicado su trabajo. Las colaboraciones aceptadas se someterán a corrección de estilo y su publicación estará sujeta a la disponibilidad de espacio en cada número.



Esta edición que consta de 300 ejemplares en papel couché de 115 grs., se terminó de imprimir el 8 de marzo de 2018, siendo Rector de la Universidad Central del Ecuador el señor Dr. Fernando Sempértegui Ontaneda, PhD. y Director(e) de la Editorial Universitaria, Lic. Julio Enríquez Cevallos.

## SÍNTESIS HISTÓRICA DE LA FACULTAD

La Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática tiene sus orígenes en las cátedras de Química y Ciencias Exactas fundadas por Gabriel García Moreno en 1857, cuando asumió el Rectorado de la Universidad Central. En 1869, García Moreno, como Presidente Interino de la república clausuró a la Universidad Central y en agosto del mismo año creó la primera Escuela Politécnica y le asignó como misión la formación de profesores de tecnología, ingenieros y arquitectos, maquinistas, mineros y profesores de Ciencias; para hacer realidad este propósito la Facultad de Ciencias se convirtió en el soporte de este proyecto. Después de la muerte de García Moreno el Congreso de 1875 restableció la Universidad Central tal como era antes y con ello desapareció la Escuela Politécnica, pero parte de ésta pasó a incorporarse a la Facultad de Ciencias.

La Asamblea Nacional realizada en Ambato dictó el once de mayo de 1878 la Ley de Instrucción Pública y en el artículo 51 dispuso que la Facultad de Ciencias comprenderá dos secciones: Ciencias Físicas y Matemática y Ciencias Naturales. De conformidad con este cuerpo de ley, el Consejo General de Instrucción Pública nombró para la Facultad de Ciencias al sabio alemán presbítero doctor Johannes B. Menten como Decano y como profesores a: Dr. Miguel Abelardo Egas, Dr. José M. Troya, Dn. Mariano Alvarez, Dn. Manuel Herrera y el ilustre Profesor de Botánica Luis Sodiro, S. J.

Dado el ancho cauce académico que cubría la Facultad, a ella le correspondió formar químicos hasta marzo de 1949, fecha en la cual el Honorable Consejo Universitario creó la Facultad de Ciencias Químicas y Naturales. Con esta oportunidad adoptó el nombre de Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Su preocupación por dar respuestas a la sociedad, llevó en 1945 a encargar al arquitecto uruguayo Gilberto Gatto Sobral la organización de la escuela de Arquitectura, la que en septiembre de 1946 inició sus actividades y permaneció en la Facultad hasta 1961, pues en esa fecha se transformó en la Facultad que hoy conocemos.

Con el advenimiento de la Facultad de Ciencias Básicas en 1964, al año siguiente, a la Facultad se la denominó como Facultad de Ingeniería y se le incorporó las Escuelas de Química e Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos que venían funcionando bajo la dirección de la Facultad de Ciencias Químicas y Naturales.

En 1984, dado el auge petrolero que vivía el país, la Escuela de Geología, Minas y Petróleos se separa para convertirse en la actual Facultad. Dos años más tarde la Facultad de Ingeniería, por pedido de un sector de profesores, retoma su anterior nombre, es decir, el de Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Esta Casa de Estudio, empeñada en ofrecer a la juventud del país otras opciones profesionales, en 1975 creó la Escuela de Ciencias para formar matemáticos y en septiembre de 1981 a la misma Escuela se le responsabilizó la tarea de preparar Ingenieros Informáticos.

En el año 2003, la Escuela de Ciencias crea dos nuevas carreras: Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Computación Gráfica.

En el año 2009 se crea la Facultad de Ingeniería Química.

### Carreras

Ingeniería Civil  
Ingeniería en Computación Gráfica  
Ingeniería en Diseño Industrial  
Ingeniería Informática  
Ingeniería Matemática

### Posgrado

Se han desarrollado programas de posgrado en:  
Especialidad en Gerencia de Proyectos  
Maestría en Ciencias de la Ingeniería con énfasis en Gerencia de la Construcción  
Maestría en Docencia Universitaria en Ciencias de la Ingeniería  
Maestría en Gestión de la Producción Industrial  
Maestría en Docencia Matemática  
Maestría en Estructuras y Ciencias de los Materiales  
Maestría en Gerencia de la Construcción  
Maestría en Gerencia de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios  
Maestría en Gestión Estratégica de Pequeñas y Medianas Empresas  
Maestría en Gestión Informática Empresarial  
Maestría en Sistemas de Gestión Integral  
Maestría en Gestión Tecnológica  
Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Aplicación a la Conservación y al Desarrollo Sostenible  
Maestría en Gestión y Logística del Transporte Multimodal  
Maestría en Matemáticas Puras y Aplicadas

Impresión: