

ISSN: 0719-5303



jint.usach.cl

# NEO JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGIES

AGOSTO 2024, Vol. 11 N°1

## DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA EL MUNDO DE HOY



Publicación del GINT Grupo de Investigación en Nuevas Tecnologías  
Departamento de Tecnologías Industriales



jint.usach.cl

# NEO JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGIES

Agosto 2024, Vol. 11, N°1

Agosto 2024, Vol.11, N° 1  
jint.usach.cl

**Editor General**

Dr. Arturo Rodríguez García, GINT, USACH, Chile

**Editor Asistente**

Mg. Jaime Espinoza Oyarzún, GINT, USACH, Chile

**Colaboradora**

Dra. Camila Burgos Leiva, GINT, USACH, Chile

**Editorial**

Mg. Jaime Espinoza Oyarzún, GINT, USACH, Chile

**Presentación**

Dr. Lucio Cañete Arratia, USACH, Chile

**Asesor Bibliográfico**

Bibliotecólogo Sr. Carlos Muñoz Paredes, Chile

## DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA EL MUNDO DE HOY

Editor: Dr. Arturo Rodríguez García

2	¿Quiénes somos?
3	Editorial
4	Presentación
5	Estudio de los requisitos para el uso de la concha de Mejillón como estabilizador de caminos no pavimentados y como sub-base y base de caminos por pavimentar en la Isla de Chiloé
11	Sistema de Comunicación científico para la organización del trabajo académico
30	Solución basada en código abierto para la gestión de bioseñales aplicada en Internet de la Cosas Médicas
39	Seguridad cibernética para sistemas de seguridad industrial

## ¿QUIÉNES SOMOS?

El Departamento de Tecnologías Industriales, ha desarrollado a lo largo del tiempo, varias publicaciones, uno de ellas es



MANTENCION & INDUSTRIA orientada a la gestión tecnológica con énfasis en el mantenimiento, cuyo primer número sale en Agosto de 1984 y el último número sale en Diciembre 1992, logrando con mucho esfuerzo publicar 14 ediciones impresas. Durante su desarrollo se publicaron trabajos muy interesantes asociados al ámbito antes mencionado. Dada la importancia de la revista en la historia del Departamento de Tecnologías Industriales (DTI), hoy se intenta dejar registro digital del esfuerzo realizado. Aún perduran en la biblioteca de la Facultad Tecnológica y entre colegas del Departamento de Tecnologías Industriales algunos ejemplares impresos, como evidencia de una historia de esfuerzo y profesionalismo.

Esta nueva revista científica y tecnológica, aprende y recoge los esfuerzos de los profesionales que anteceden a este emprendimiento y se proyecta como una evolución actualizada y potenciada desde el ámbito tecnológico digital.

El año 2014, surge un revitalizado esfuerzo, que intenta mostrar el avance científico y tecnológico en,

### **MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, CONSTRUCCIÓN Y TELECOMUNICACIONES.**

La revista está dirigida por el Dr. Arturo Rodríguez G., académico del Departamento de Tecnologías Industriales e investigador Principal del Grupo de Investigación en Nuevas Tecnologías (GINT), la revista se define como un emprendimiento que aporta al registro y difusión de los avances científicos y de las nuevas tecnologías en los diferentes ámbitos de la actividad industrial, este nuevo emprendimiento es denominado **Journal of Industrial Neo-Technologies (JINT)**.

#### **Visión**

La revista será un espacio de libre acceso, donde la información científica estará al alcance de todos aquellos que requieran utilizarla para lograr transformaciones a través del desarrollo tecnológico.

#### **Misión**

Establecer un espacio donde la calidad y la excelencia de la información científica y tecnológica se ponga al servicio de todos para alcanzar la democratización del conocimiento.

## **EDITORIAL**

El mundo vive días convulsionados, por todas partes las noticias nos informan de problemas, dramas, tragedias que ocurren en varias partes del mundo a la vez. Violentos cambios climáticos con lluvias torrenciales como las que ocurren hoy en España, huracanes cada vez más intensos como los ocurridos en el Caribe y en Estados Unidos, incendios desastrosos en varios puntos del planeta, unido a todo esto, el conflicto entre grupos palestinos e Israel, con amenaza de tornarse una guerra en gran escala en Medio Oriente, guerra en Ucrania, amenazas de conflictos armados entre las dos Coreas y, por otra parte, a nivel de las personas un sinnúmero de conflictos de todo tipo como asesinatos, aumento del tráfico de drogas, tráfico de personas, migraciones en diferentes puntos de planeta, etc.

De una u otra manera, la tecnología se encuentra presente ya sea para bien como paliar los efectos de los desastres naturales que afectan al planeta o como el combate contra los incendios forestales o medios para socorrer a las personas afectadas por la guerra o efectos naturales o los escudos protectores frente al ataque con misiles o el gran avance en las tecnologías de las comunicaciones y la aparición de la Inteligencia Artificial a gran escala. Pero también ha emergido el lado negativo de la tecnología, hace pocos años aparecieron los drones que rápidamente se tornaron en eficaces armas para las guerras o los misiles cada vez más refinados en sus mecanismos de ataque o los mejores medios para la producción y transporte de la droga, etc.

Para bien o para mal, la tecnología sigue y estará presente en todas las manifestaciones humanas en su carácter de utilitaria. Son las personas que la usan las encargadas de velar que este uso sea el correcto, sea positivo, como es el caso de la tecnología aplicada en la medicina, minimizando los efectos negativos como la conservación del medio ambiente y no causar daño a las personas ni comprometer el patrimonio natural de las nuevas generaciones, mejorar las condiciones de vida de la gente, no causando efectos negativos irreversibles.

Es en este sentido que este número de la Revista electrónica Journal of Industrial Neo-Technologies presenta cuatro artículos de distinguidos profesionales y académicos del ámbito tecnológico que apuntan a contribuir positivamente en nuestra sociedad. Profesionales y académicos a quienes se agradece su valiosa cooperación con nuestra revista.

Mg. Jaime Espinoza Oyarzún. Académico/Editor Asistente  
Grupo de Investigación en Nuevas Tecnologías GINT, Journal of Industrial Neo-Technologies  
Universidad de Santiago de Chile USACH-Chile

## PRESENTACIÓN

La primavera suele tener cierto encanto, a veces irresistible, que invita a disfrutar lo que la naturaleza cíclicamente ofrece en esta parte del planeta. También desde la cultura, pero de manera premeditada en dicha época del año, notamos que florecen otras creaciones con la misma intención de perturbar a las mentes deseosas de ser impactadas por todo aquello que sea novedoso. Así en esta edición de la revista se presentan cuatro artículos donde cada uno de ellos hablando por sí solo tal vez pretendan aquello que Neruda expresó en su poema 14: “voy a hacer contigo lo que la primavera hace con los cerezos”

Empezamos en el corazón del mítico Chiloé, donde los usuarios de caminos de tierra claman por mejores condiciones de las vías de transporte. En el artículo **que aborda la estabilización de caminos usando conchas de moluscos**, descubrimos cómo las conchas de mejillón, que tanto abundan como sobran, pueden transformarse en aliadas inesperadas para mejorar esos caminos rurales que desafían al clima. Quizás, después de esto, podremos decir que Chiloé ya no solo será la tierra de las tejuelas y los palafitos, sino también de los caminos estabilizados con la riqueza del mar.

Pasamos luego a un terreno más intelectual con un **sistema de organizador científico**. Aquí, la ciencia se vuelve accesible dejando ese egoísmo por lo que pudiera ser criticada. Este sistema colaborativo busca unir mentes creadoras y establecer una comunidad de ciencia abierta que se extienda desde nuestras aulas chilenas hasta el resto del mundo. Porque, después de todo, ¿Qué es la ciencia sin una buena conversación entre personas de intereses comunes?

De la teoría a la práctica entramos en el fascinante mundo de un **código abierto para bioseñales**, donde la telemedicina se viste de eficiencia y modernidad. Este artículo nos presenta una plataforma que podría cuidar a los pacientes desde la distancia, algo así como un “abrazo digital” para aquellos que más lo necesitan. Imaginemos sensores midiendo latidos y respiraciones a kilómetros de distancia, en tiempo real, como si el médico estuviera en la misma sala. Porque la tecnología, cuando sabe ser humana, también sana.

Finalmente, cerramos con un tema que cada día más preocupa: **seguridad cibernética industrial**. En un mundo cada vez más digital, proteger nuestras industrias es como darle el cuidado que se merece a nuestros más preciados tesoros. Aquí, el equipo analiza cómo asegurar sistemas críticos para que nuestros centros productores de servicios y manufacturas funcionen sin tropiezos, como debe ser.

Entonces, los invitamos a sumergirse en estas páginas con la curiosidad de quien busca algo fresco y vibrante, tal como lo hace un niño al recorrer un campo florido con la única compañía de la brisa primaveral.

**Dr. Lucio Cañete Arratia**  
**Académico, Facultad Tecnológica, USACH**  
**Agosto, 2024**

# **Estudio de los requisitos para el uso de la Concha de Mejillón como estabilizador de caminos no pavimentados y como subbase y base de caminos por pavimentar en la Isla de Chiloé**

## **Study of the requirements for the use of the Mussel Shell as a stabilizer of the unpaved roads and as a subbase and base of the roads to be paved on the Island of Chiloé**

Ing. Nazario Antonio Garay Oñate <sup>1</sup>, Mg. Agustín Rodríguez Guzmán <sup>2</sup> (Q.E.P.D.)  
<sup>1</sup> Ministerio de Obras Públicas (MOP), Chile, [nazario.garay@mop.gov.cl](mailto:nazario.garay@mop.gov.cl), <sup>2</sup> Universidad de Santiago de Chile, [agustin.rodriguez@usach.cl](mailto:agustin.rodriguez@usach.cl)

**Resumen.** Este estudio nace de la necesidad de resolver un problema medioambiental en la Isla de Chiloé. Éste surge del procesamiento del mejillón (*Mytilus chilensis*), alimento que produce grandes cantidades de conchas, no reciclables. El Ministerio de Obras Públicas recibió una solicitud para aprobar el uso de las conchas de mejillón molidas como material en rellenos granulares en la reparación y mantenimiento de caminos de tierra y en la preparación de caminos para pavimentar. En general, las conchas de moluscos tienen lenta degradación debido a su composición física y química. Este problema es antiguo, explorándose alternativas de reutilización de las conchas, sin resultados satisfactorios. En la Isla de Chiloé existe déficit de caminos pavimentados, especialmente en sectores rurales, con caminos ripiados o de tierra que, por las condiciones climáticas, requieren un mantenimiento constante, que no siempre ocurre. Esta situación ofrece una excelente oportunidad para reutilizar conchas de mejillón, como árido estabilizador en el mantenimiento y mejoramiento de caminos de tierra o de ripio y como material granular en la preparación de las capas de base y sub base.

*Palabras clave:* concha de mejillón, residuo, árido, manual de carreteras, ensayos.

**Abstract.** This study was born out of the need to solve an environmental problem on the Chiloé Island. This emerges from the seashells (*Mytilus chilensis*) processing, a food that produces large quantity of shells, considered waste that is currently not recycled. Ministerio de Obras Públicas received a request to approve the use of ground mejillón shells as a material to be incorporated into granular soils in the reparation and maintenance of gravel roads and in the preparation of roads for their subsequent paving with hormigón or asphalt. In

general, mollusk shells have slow biological degradation due to their physical and chemical composition. This problem is not recent, alternatives for reusing shells have been explored, without satisfactory results. In Chiloé Island there is a deficit of paved roads, especially in rural sectors, where roads are torn up or degraded and due to the climatic conditions of the area, with intense rains, requiring constant maintenance, which does not always occur. This situation offers an excellent opportunity to reuse mejillon shells, incorporating them as a stabilizing arid in the maintenance and improvement of ground or ripio roads and as granular material in the preparation of base and subbase layers in sidewalk paving or in the replacement of pavements. Keywords: Mejillón shell, Waste, Arid, Carreteras Manual, Essays.

*Keywords: mussel shell, residue, arid, highway, manual, essays*

## **1 Introducción**

Uno de los elementos de este estudio son los caminos. Una definición genérica, simple y clara es que camino es una faja de terreno plana, limitada transversalmente por sus orillas y destinada al tránsito de vehículos, personas y animales. La construcción de caminos es esencial en la infraestructura de transporte, involucrando procesos como planificación, diseño, construcción y mantenimiento. Una carretera segura garantiza un transporte eficiente, reflejando el compromiso con la seguridad de las usuarias y usuarios, por ello, tanto los materiales de construcción, como los procesos constructivos y sus respectivos controles deben cumplir altos estándares de calidad. Hoy, Chile cuenta con carreteras y autopistas que permiten desplazamientos seguros y rápidos en poco tiempo, gracias a las políticas estatales para mejorar y modernizar la infraestructura vial, sin embargo, esta realidad no alcanza a todo el país, como ocurre en la Isla de Chiloé. El otro elemento del estudio es el mejillón chileno y puntualmente su concha. Este es un molusco filtrador bivalvo, de 2 valvas o conchas, formando su esqueleto exterior, cuyas dimensiones son alrededor de 7 cm. de largo y 3 cm. de ancho, en estado adulto. Las valvas tienen estrías concéntricas de crecimiento, recubiertas por un perióstraco pardo-negruzco a violáceo. El manto es amarillo anaranjado. En Chile, el mejillón se encuentra en la costa desde la I a la XII regiones. En la región de Los Lagos se ha desarrollado con mucha fuerza el cultivo del molusco denominado científicamente como *Mytilus chilensis*. [1]

## **2 Objetivos**

Estudiar los requerimientos de ensayos y los parámetros requeridos para determinar la eficacia del uso de conchas molidas como estabilizador de caminos sin pavimentar y como agregado como base de relleno en caminos pavimentados de bajo tráfico en la isla de Chiloé. Específicamente, estudiar los caminos existentes en Chile y su estructura, determinar la composición de las conchas de mejillón y su capacidad para

ser utilizadas como un árido estabilizador, determinar la aplicabilidad de las conchas molidas como agregado en la preparación de subbases y bases de caminos en la Isla de Chiloé, definir y especificar las pruebas y ensayos de laboratorio necesarios para aplicar a las conchas de mejillón y elaborar una tabla de procedimientos a aplicar en un orden de ejecución y los rangos o bandas de valores establecidos en el Manual de Carreteras [2], que se aspira obtener en cada prueba.

### **3 Metodología**

Este trabajo es un estudio exploratorio, descriptivo de antecedentes, documentos e información cuantitativa y cualitativa obtenida de referencias bibliográficas y del Manual de Carreteras del MOP. La investigación genera una propuesta de desarrollo de diseño experimental para usar la concha molida como material estabilizador en caminos de tierra y agregados para base de relleno de pavimentos, según las normas y recomendaciones técnicas establecidas en el señalado documento. Recopilación de información sobre la tipificación de los caminos en Chile y en la Isla de Chiloé, en particular, donde es factible usar las conchas molidas como estabilizador. Investigar las propiedades químicas, físicas y de resistencia de las conchas de mejillón para conocer la composición química de la misma y su aporte estructural en la construcción y mantenimiento de caminos para proponer el uso de las conchas como estabilizador del suelo en caminos de tierra y como base y sub-base de caminos a pavimentar. Revisión de los resultados de los ensayos de laboratorio establecidos en el Manual de Carreteras para determinar si las conchas son un aporte al mejoramiento del suelo que otorgarán mayor durabilidad al camino. Determinar mediante los resultados obtenidos de los ensayos, cuáles son las muestras más óptimas para su aplicación y confeccionar una Tabla-guía para su aplicación en las pruebas y ensayos de laboratorio.

### **4 Desarrollo.**

Según el informe “Red Nacional Vial, Dimensionamiento y Características”, edición 2023, del MOP, hasta el año 2022, la red vial de Chiloé suma 2.294,5 km, de los cuales 511,45 Km. son pavimentados. La oportunidad para usar la concha molida de mejillón como un árido estabilizador, en caminos no pavimentados existentes en la Isla, que representan un 65,24% del total, distribuyéndose entre caminos de ripio (1.485,5 Km.) y de tierra (11,56 Km).

**4.1 Generalidades de la concha de mejillón.** Un estudio relevante de reutilización de la concha de mar, enfatiza medir las propiedades físico-mecánicas del material compuesto, como los ensayos de densidad y el contenido de humedad, debido a la absorción de agua por la ubicación geográfica de la Isla de Chiloé, entre otros. La utilización de la concha de mar tiene usos como la generación de agregados para la construcción y el desarrollo de ingeniería en otros materiales [3]. El residuo de la concha de mejillón debe someterse a rigurosos procedimientos para crear productos con



un estándar de calidad que cumplan las normativas. En la construcción hay ejemplos importantes del uso del mejillón como fabricación de hormigón con conchas de bígara en Nigeria, producción de materiales para la construcción [4], como hormigones y morteros con conchas de mejillón, almeja, berberecho y otros moluscos, estudio realizado por la Universidad de La Coruña en España. La Universidad Católica del Norte ha desarrollado un nuevo material constructivo a base de conchas de moluscos, que posee propiedades ignífugas, característica muy adecuada para la construcción de viviendas. Estas iniciativas dan cuenta de posibilidades de valorización de la concha como recurso renovable y sostenible, que contribuye a la economía circular y al cuidado del medio ambiente.

**4.2 Composición de la concha de mejillón.** La concha es una protección contra sus depredadores y punto de anclaje de sus músculos y órganos, es decir, soporte anatómico. Según la ACI (American Concrete Institute), las conchas de berberecho y bígara están dentro de los valores de la densidad aparente que poseen los agregados comunes (1.280 – 1.920 kg/m<sup>3</sup>) [5]. Además, se establece que “el tamaño de las conchas de moluscos influye en algunas propiedades físicas, partículas de tamaño más fino tienden a mayor absorción de agua y gravedad específica”. También se afirma que, en comparación con los agregados convencionales, las conchas poseen una densidad aparente y gravedad específica similar o un poco inferior.

Químicamente, están compuestas en un 95% a 97% por carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) [6] y trazas de otros elementos. El contenido de CaO varía entre 51,1% y 87,2% [7]. La pérdida por descomposición del carbonato de calcio a altas temperaturas (600°C y 800°C), es entre 23,2% a 45,6% [8]. El CaO permite ser un aditivo o agregado para el cemento; esto se enmarca en que posee un exoesqueleto compuesto de aragonito y calcita, que contiene 95% de carbonato cálcico [8], cuyas composiciones minerales polimorfas se diferencian en el orden que toman las moléculas de sus redes cristalinas. Investigaciones de la Universidad César Vallejo del Perú [9], indican que “la presencia de polisacáridos (quitina) en las partículas de concha de mejillón atrasa la hidratación del cemento y, de esta manera, reduce la unión entre las partículas de concha de mejillón con el aglutinante, disminuyendo la resistencia mecánica a medida que aumente el contenido de arena de concha de mejillón”.

## **5 Propuesta de utilización de las conchas de mejillón en caminos**

El Laboratorio Nacional de Vialidad (LNV) del MOP es el organismo técnico que controla la calidad en la ejecución de obras viales, aplicando normas y procedimientos establecidos en el Manual De Carreteras y las normas que el Instituto Nacional de Normalización establece para la construcción de caminos y carreteras en Chile. Además, el LNV investiga y desarrolla nuevas tecnologías, forma y capacita a

profesionales en el ámbito vial. El LNV designó a uno de sus ingenieros expertos para el desarrollo de este trabajo.

### **5.1 Utilización de la concha de mejillón en caminos no pavimentados.**

La estabilización del suelo es un procedimiento para aumentar su resistencia al unir partículas de manera más eficiente y asegurar que las condiciones de humedad estén dentro de los rangos normados para garantizar buena estabilidad de carga, variación volumétrica mínima y durabilidad de camino [10]. Suelos con poca capacidad de carga deben estabilizarse cuando sus condiciones de equilibrio presentan fallas en resistencia y estabilidad. Este estudio propone someter las conchas de mejillón a ensayos del instructivo, de tal forma que, una vez obtenidos los resultados, se pueda validar o descartar su uso para los fines perseguidos. La concha de mejillón ha sido usada otrora, para “emparejar” o “nivelar” caminos básicos, rurales, cercanos a las costas donde este material se encuentra en abundancia y es barato de obtener para mejorar las malas condiciones de caminos afectados por las inclemencias del clima, como ocurre en la Isla de Chiloé [11]. Con los antecedentes expuestos, este estudio entregará un instructivo que facilite aprobar, la efectividad de las conchas como un material granular eficiente para mejorar el comportamiento de caminos no pavimentados [12] [13] [14].

#### **5.1.1 Instructivo para la Validación de un Estabilizador de Suelos.**

Las solicitudes de validación de materiales para la estabilización de suelos son analizadas e investigadas por el LNV; esto consta de dos etapas, una de laboratorio, para evaluar mecánicamente el producto con un suelo en particular y la otra, de evaluación de desempeño del estabilizador en terreno; esto es válido para caminos sin pavimentar ya sean excavados en el terreno natural o ripiaduras. El proveedor deberá especificar el tipo de camino, con el fin de definir el suelo objetivo del estabilizador, presentará una evaluación de toxicidad y nivel de riesgo al medioambiente junto con las de tipo técnico, ya que estos antecedentes no están dentro del alcance del LNV y la evaluación podría ser rechazada en aquellos casos en que no se cumpla o existan observaciones de este tipo. La información mínima que el proveedor debe acompañar junto a la presentación del producto estabilizador es la identificación del producto con la dosis recomendada por el fabricante o proveedor y la hoja de seguridad asociada, literatura del producto acorde con la rotulación, los tipos de suelos en que es aplicable el producto y la información de facturación. Si hubiere inconsistencia, el proceso se detendrá hasta su resolución. También deberá informar la aptitud para suelos granulares limpios, indicando tipo y principio de funcionamiento del producto: si usa o no algún aglomerante, si es polimérico o no, si disminuye la permeabilidad, si es hidrófugo, reductor de IP y si tiene aporte estructural significativo a la capa tratada. Como referencia, se considera que un estabilizador tiene un aporte estructural significativo si es capaz de elevar la curva índice CBR del suelo con inmersión en 10 unidades o más. En términos de resistencia a la compresión no confinada (CNC), este incremento debe

ser de por lo menos 10 kgf/cm<sup>2</sup> en estado seco. Los procedimientos que se describen en la guía son válidos para productos estabilizadores que se aplican por revoltura con la capa tratada; quedan excluidos los productos aplicados por riego tópico o que actúen por infiltración a espesor variable. Para validar el estabilizador de un proyecto particular, el interesado deberá contemplar el suelo del proyecto como insumo para la confección de probetas en laboratorio; el informe técnico final será específico para esa aplicación.

**5.1.2 Prueba de Resistencia y Fragilidad del producto.** Los ensayos específicos de compresión no confinada (CNC) están diseñados para suelos finos, cohesivos; no existe normativa específica para ensayar la resistencia de suelos granulares; cuando se requiere probar este tipo de suelos, se toman especificaciones de la norma NCh 3134:2007 “Determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos”, que no incluye obligatoriamente la medición de la deformación del árido. Para un material granular es absolutamente necesario medir el acortamiento producido en la probeta por compresión. Las pruebas de resistencia y fragilidad están orientadas a evaluar el aporte del producto a la resistencia y flexibilidad del suelo tratado comparadas con el suelo sin tratar. Para ello se usará el ensayo de compresión no confinada con formato Base Tratada con Cemento (BTC), midiendo la deformación en los ensayos. Si la muestra es ripio, esta será la muestra a ensayar; si es de otro tipo ésta deberá ser representativa del suelo; en ambos casos, el proveedor proporcionará al LNV los materiales, el producto estabilizador y cualquier otro insumo requerido para las pruebas, indicando la dosis del estabilizador recomendada, su forma de aplicación, tiempo y tratamiento de curado y cualquier otro detalle. Como criterio general, atendiendo al tiempo de puesta en servicio de los caminos básicos tratados con estabilizador, el tiempo de curado puede variar entre 7, 14 y 21 días en ambiente de sala. A mayor tiempo de curado, mayor resistencia de la probeta. Al mismo tiempo, se medirá la sensibilidad del suelo tratado a la humedad, para evaluar la aptitud del estabilizador en clima húmedo, ensayándose dos series gemelas de muestras: la primera con humedad remanente al final del tiempo de curado y la segunda será rehumectada, antes del ensayo, a la máxima humedad que la muestra pueda retener por capilaridad.

**5.1.3 Estabilizadores con aporte estructural significativo a la capa tratada.** Las pruebas consistirán en ensayos de CNC a muestras de suelo con formato de base tratada con cemento (BTC), con diferentes dosis del estabilizador (referencia la dosis recomendada por el proveedor). En este caso, se reemplazará el cemento por las conchas molidas. En este estudio se someterán al ensayo CNC conchas de mejillón molidas con 3 granulometrías recomendadas: 1) Polvo de conchas, 2) Menores o iguales a 4 mm y 3) Menores o iguales a 5 mm. El material tratado debe cumplir en cualquier condición de humedad con los siguientes requisitos de resistencia ( $\delta f$ ) y deformación unitaria a la falla ( $\epsilon f$ ):

### **δf Suelo Estabilizado $\geq$ 5 kgf/cm<sup>2</sup>; εf Suelo Estabilizado $\geq$ εf Suelo Patrón**

Para la modelación, se considerará la carga de un camión, aplicada a un camino con capa de rodado de concha de mejillón molida. La presión de los neumáticos de un camión es del orden de 100 psi o 7 kg/cm<sup>2</sup>. Luego, si se obtiene un testigo para ensayo a la compresión, a partir de una capa de material estabilizador puesta en el camino, aplicando las ecuaciones de cuñas de Rankine en el ensayo, ese testigo arrojará como resultado aproximadamente 1/3 de la resistencia que tendría el material in-situ, entonces si se obtiene una resistencia a la compresión de 5 kg/cm<sup>2</sup> como resultado esperado, en el terreno se debería obtener 15 kg/cm<sup>2</sup>. Con este valor, se tendrá un factor de seguridad mayor a 2. Esto significa que la capa de rodado soportará la carga del camión, por lo tanto, el material cumplirá como estabilizador. Se debe tener en cuenta que la capa de subrasante no debe ser demasiado delgada, pues podría ser esta la que falle ante la carga. Otro requisito es la fragilidad del material, que se mide por la deformación al punto de falla. Para ello se toma como referencia un material frágil como el hormigón. Al ensayar el hormigón a la compresión, la probeta se mantiene indeformable hasta que revienta en forma brusca. La deformación a la falla es del orden del 0,1%. Este valor significa que, si la probeta es de 100 mm de longitud, la deformación justo antes de la falla es de 1 mm. La deformación se vuelve más suave a partir de valores de 0,5 a 0,7%. Ya con un valor de 1% se está en una zona de falla dúctil. Se espera que el estabilizador no forme baches. Si el estabilizador es frágil, cuando falle, el suelo va a formar baches. La condición más favorable es que los baches no sean filosos, sino con bordes redondeados, esto ocurre cuando el material no es tan frágil. Una capa de estabilizado, tipo suelo-cemento, con 5% de cemento, forma baches filosos; bajando la dosis de cemento, se obtienen fallas dúctiles. Estas observaciones surgieron de la campaña de seguimiento a estabilizadores químicos entre los años 1990–2000 en tramos de prueba, probándose sólo los estabilizadores en terreno. Se determinó que la estabilización con cemento falló, por ser alta la dosis de cemento (mínimo 5% o más) Actualmente, la dosis es de 2%, evitando la formación de baches agresivos. Con dosis de cemento más bajas la estabilización es más durable.

La conclusión obtenida en el seguimiento de los estabilizadores es que la resistencia tiene que ser balanceada, la mínima necesaria, sin llegar a la fragilidad. De esta forma se explica por qué se toma como patrones para los ensayos los valores de resistencia de 5 kgf/cm<sup>2</sup> y de deformación unitaria de 0,1%. Las conchas deberían tener buenos resultados en forma automática porque su composición química es mayor al 90% de cal y estas son de menor resistencia, cumpliendo sobradamente la prueba de fragilidad. Para el estudio del estabilizador deberá considerarse la confección de al menos 8 probetas: 2 probetas con la dosis recomendada por el proveedor, 2 probetas con la mitad de la dosis, 2 probetas con el doble de la dosis y 2 probetas sin estabilizador. Si el proveedor no indica la dosis de producto a usar con el suelo patrón, el LNV definirá el

rango y sus valores respectivos. Desde el punto de vista del tipo de suelo se distinguen dos casos:

**5.1.3.1 Suelo objetivo semejante a una carpeta de rodado granular.** Las pruebas se realizarán en un suelo de referencia reconstituido en el laboratorio, con materiales proporcionados por el proveedor, los cuales deberán venir separados por mallas según la graduación indicada en la Tabla 1, el material sobre la malla # 200 debe estar lavado y seco.

Tabla 1. Granulometría.

Tamiz		% Pasa	% Ret	Peso/malla (g)
US	mm			
3/4 "	19,1	100	0	0
3/8 "	9,5	73	27	17280
# 4	4,85	54	19	12160
# 10	2	36	18	11520
# 40	0,5	19	17	10880
# 200	0,075	8	11	7040
			8	5120
			100	64000

Fuente: Laboratorio Nacional de Vialidad, 2022.

El IP de los finos de este material debe ser menor o igual a 6%.

**5.1.3.2 Suelo objetivo distinto a una carpeta de rodado granular.** La muestra debe ser de un peso seco mínimo de 160 kg, cuarteada y repartida en sacos identificados, de 20 kg cada uno. La muestra deberá venir con un corte simple, bajo la malla 3/4". El proveedor deberá hacer en forma independiente la clasificación de la muestra para verificar el cumplimiento de los requisitos de aplicabilidad del producto y aportar estos resultados como antecedentes.

**5.1.4 Estabilizadores con poco aporte estructural a la capa tratada.** El proveedor deberá definir y aportar 160 kg de suelo para el estudio, repartidos en bolsas de 20 kg cada una. El estudio consistirá en: ensayos de granulometría, Límite de Consistencia, Proctor, densidad de partículas (con y sin producto) y CBR con inmersión (con y sin producto). Se verificará que las densidades compactadas secas (DMCS) sean superiores con producto, la curva del CBR con producto sea mayor o igual a la curva del CBR sin producto y el valor del CBR mínimo del suelo sea compactado con producto al 95% de la DMCS y con producto sea de 20%. Las pruebas de resistencia y

de Fragilidad, Proctor y CBR no aseguran el buen desempeño ni durabilidad del producto en terreno. Prueba en terreno. Si el informe del LNV es favorable, el proveedor podrá participar en propuestas públicas o aplicar el producto en tramos de caminos públicos o privados. Las primeras aplicaciones se usarán como tramos de prueba. El interesado coordinará la ejecución de las pruebas, informando al LNV, que programará inspecciones bimensuales, por un mínimo de seis meses, fotografiando varios puntos kilométricos fijos, puntos singulares, deterioros y otras observaciones relevantes. Terminado el seguimiento, el LNV emitirá un Informe Técnico, que será enviado al interesado.

Tabla 2. Resumen de requisitos y procedimientos para probar las conchas de mejillón como estabilizador.

Resumen de requisitos y procedimientos para aprobar las conchas de mejillón como estabilizador del suelo	
1	Documentación del Producto que debe ser entregada por el proveedor (En caso de inconsistencia, el proceso se detendrá hasta su resolución)
1.1	Identificación del producto
1.2	Dosis recomendada por el fabricante o proveedor
1.3	Hoja de seguridad del producto
1.4	Literatura acorde con la rotulación
1.5	Fecha de caducidad
1.6	Tipo y principio de funcionamiento
1.7	Tipos de suelo en que es aplicable
1.8	Evaluación de toxicidad y de riesgo al medioambiente
1.9	Información de facturación del producto
2	Informe del producto, que indique si es o no es:
2.1	Apto para suelos granulares limpios
2.2	Es o utiliza algún aglomerante
2.3	Polimérico
2.4	Disminuye la permeabilidad
2.5	Hidrófugo
2.6	Reductor de IP
2.7	Aportante estructural significativo a la capa tratada
<b>PROCEDIMIENTOS</b>	
1	Conchas:
1.1	Extracción y acopio (80 kg)
1.2	Lavado
1.3	Secado
1.4	Envasado para envío al laboratorio (4 sacos de 20 kg)
1.5	Transporte al laboratorio
1.6	Recepción del material en laboratorio
2	Suelo:
2.1	Extracción de la muestra (160 kg)

2.2	Lavado
2.3	Secado
	Resumen de requisitos y procedimientos para aprobar las conchas de mejillón como estabilizador del suelo (continuación)
2.4	Preparación de la muestra (cuarteo y corte simple bajo malla 3/4")
2.5	Envasado de la muestra (repartida en 8 sacos de 20 kg separados e identificados)
2.6	Transporte de la muestra al laboratorio
3	Ensayos:
3.1	Confeción de probetas según instructivo del LNV
3.2	Granulometría
3.3	Límites de consistencia (Atterberg)
3.4	Proctor y Densidad de Partículas (con y sin producto)
3.5	CBR con Inmersión (con y sin producto)
3.6	CNC a muestra de polvo de concha
3.7	CNC a muestra de conchas menores o iguales a 4 mm.
3.8	CNC a muestra de conchas menores o iguales a 5 mm.
3.9	Medición de la deformación unitaria de la probeta mediante un extensómetro
4	Verificaciones - Se verificará que:
4.1	Las DMCS sean superiores en el caso con producto conchas.
4.2	La curva CBR del suelo con conchas sea mayor o igual que la del suelo sin conchas.
4.3	El valor de CBR mínimo del suelo compactado con conchas al 95% de la DMCS (también con conchas), sea de un 20%.

Fuente: Propia, 2024.

**5.2 Utilización de la concha de mejillón en caminos a pavimentar.** El procedimiento a aplicar para probar y determinar si las conchas son aptas para usar en la preparación de las distintas fases que soportan la capa de rodado o pavimento de un camino, fue elaborado en el MOP; se definieron pruebas y ensayos de laboratorio a las conchas de mejillón y al árido, solas o en diferentes porcentajes, con el fin de determinar si alguna mezcla presenta resultados superiores comparados con valores patrones.

**5.2.1 Procedimiento de validación para el uso de conchas de mejillón en la preparación de subbases y bases de caminos a pavimentar.** Este procedimiento fue elaborado para validar la utilización de conchas molidas en la preparación de mezclas con áridos para formar las capas de subbase y base de caminos a pavimentar en la Isla de Chiloé. Los requisitos básicos para la entrega de muestras al laboratorio son los mismos que se describen en el Instructivo para la Validación de un Estabilizador de Suelos. Se detallarán los ensayos de laboratorio cuyos resultados se espera superen los valores establecidos de CBR y se construirá un tramo de pruebas, con específicas características de tránsito y por un periodo de tiempo que permita extraer testigos para nuevos ensayos de control para verificar si las muestras cumplen con las especificaciones establecidas.

**5.2.2 Ensayes de laboratorio.** Los ensayos de laboratorio se ejecutarán de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras, versión actualizada a junio de 2023, volumen 8, capítulo 8.100 – Suelos, Sección 8.101 Especificaciones para suelos, acápite 8.101.1 Especificaciones para subbases, bases y capas de rodadura.

**5.2.2.1 Ensayos estándares. Granulometrías a utilizar.** Estas deben ceñirse a lo especificado en la Sección 8.102 Métodos para suelos, acápite 8.102.1 Método para determinar la granulometría.

Tabla 3: Bandas granulométricas para subbases, bases y capas de rodadura.

Tamiz (mm)	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
50	100	100	100				
40	-	70 – 100	-	100	100	100	
25	55 – 100	55 – 85	70 – 100	70 – 100	80 – 100	80 – 100	100
20	-	45 – 75	60 – 90	50 – 80	-	-	70 – 100
10	30 – 75	35 – 65	40 – 75	25 – 50	50 – 80	50 – 80	50 – 80
5	20 – 65	25 – 55	30 – 60	10 – 30	35 – 65	35 – 65	35 – 65
2.5	-	-	-	5 – 15	-	-	-
2	10 – 50	15 – 45	15 – 45	-	25 – 50	25 – 50	25 – 50
0.5	5 – 30	5 – 25	10 – 30	0 – 5	10 – 30	15 – 30	10 – 30
0.08	0 - 20	0 - 10	0 - 15	0 - 3	5 - 15	5 - 20	0 - 15

Fuente: Manual de Carreteras, 2023.

Definición de los tipos de áridos: A1= Granulometría 1 de árido, A2= Granulometría 2 de árido, C1= Granulometría 1 concha, C2= Granulometría 2 de conchas C3= Granulometría 3 de conchas.

Definición de las muestras (M): M1= 100% árido Ax, M2= 80% árido Ax, 20% concha, Cx, M3= 60% árido Ax, 40% concha Cx, M4= 40% árido Ax, 60% concha Cx, M5= 20% árido Ax, 80% concha Cx y M6= 100% concha Cx.

Ensayos: Granulometría a M1, M2, M3, M4, M5, M6, Prueba de Desgaste de Los Ángeles a M1 y M6, Densidad relativa a M1, M2, M3, M4, M5 y M6, CBR a M1, M2, M3, M4, M5 y M6.



**5.2.2.2 Ensayos no estándares:** CBR Cíclico a M1, M2, M3, M4, M5 y M6. Mide módulo resiliente, resistencia a la deformación por carga repetida (Ahuellamiento). Ángulo de Roce (o Fricción) Interno, triaxial o Corte Directo a M1, M2, M3, M4, M5 y M6. El objetivo del ensayo es demostrar que no importa si la concha se utiliza entera o molida y Límites de Consistencia (Atterberg) a M1, M2, M3, M4, M5 y M6. La arena de concha podría usarse para corregir la plasticidad en subbases y bases granulares. Cantidad de material para realizar los ensayos de laboratorio y condiciones de entrega. Las conchas se entregarán en sacos de 25 kg., sin restos de materia orgánica, lavadas y secadas para su total limpieza. 500 kg de concha y 1.000 kg de áridos.

**5.2.2.3 Tramo de pruebas:** Construcción y ensayos. Se construirá un tramo de pruebas en un camino característico cuya construcción esté en etapa inicial para aplicar las conchas mezcladas con el árido en la base y sub-base, de acuerdo a las especificaciones descritas en la definición de las muestras (M). La ejecución de esta actividad que no ha sido considerada en el presente estudio, es fundamental para validar y certificar el uso del material propuesto [13]

**5.2.2.4 Definición de la estructura.** Se propone un loop de prueba consistente en un camino de unos 3,5 m de ancho promedio, por unos 400 m de longitud.

**5.2.2.5 Construcción del tramo de pruebas.** Se construirán 5 tramos con porcentajes variables de conchas (0% a 100%). Se pondrán las siguientes capas: como subbase, el terreno natural de sitio previamente perfilado para eliminar las imperfecciones y dejar un terreno plano medianamente nivelado, luego una capa base de 10 cm del material de Muestra (Mx). De acuerdo a las especificaciones de compactado del LNV, se debe definir si se dejará el paquete estructural sin sello o con sello. Para eso se debe definir el espesor y el tipo de material de sello.

**5.2.2.6 Ensayes en tramo de pruebas.** Se harán circular camiones tolva cargados hasta completar un poco más de 100.000 Ejes Equivalentes (E.E.) y se medirá el ahuellamiento y alguna variable adicional que estime el LNV.

Tabla 4. Resumen de requisitos y procedimientos para probar las conchas de mejillón como subbases y bases de caminos pavimentados.

<b>1</b>	Documentación que debe entregar el solicitante. (En caso de inconsistencia en la información entregada, el proceso se detendrá hasta su resolución)
1.1	Identificación del material origen
1.2	Literatura acorde con la rotulación
1.3	Tipo y principio de funcionamiento del material
1.4	Tipo de suelo en que es aplicable
1.5	Evaluación de toxicidad y de riesgo al medioambiente

1.6	Información de facturación del material
<b>2</b>	<b>Informe del material en que se indique:</b>
2.1	Apto para suelos granulares limpios
2.2	¿Es o utiliza algún aglomerante?
2.3	Disminuye la permeabilidad
2.4	Hidrófugo
2.5	Reductor de IP
2.6	Aportante estructural significativo a la capa tratada
	<b>Procedimientos</b>
1.1	Extracción y acopio (500kg)
1.2	Lavado
1.3	Secado
1.4	Envasado para envío al laboratorio (20 sacos de 25 kg c/u)
1.5	Transporte al laboratorio
1.6	Recepción del material en laboratorio
<b>2</b>	<b>Árido</b>
2.1	Extracción del árido (1.000 kg)
2.2	Lavado
2.3	Secado
2.4	Preparación del árido para envío al laboratorio
2.5	Envasado para envío al laboratorio (40 sacos de 25 kg c/u)
2.6	Transporte al laboratorio
2.7	Recepción del material en laboratorio
<b>3</b>	<b>Ensayos Estándares</b>
3.1	Definición de los tipos de árido. Granulometría A1, A2, C1, C2 y C3
3.2	Definición de las muestras: M1= 100% árido; M2= 80% árido, 20% conchas;
	M3= 60% árido, 40% conchas; M4= 40% árido, 60% conchas;
3.3	M5= 20% árido 80% conchas y M6= 100% conchas
	Granulometría a M1, M2, M3, M4, M5 y M6
	Documentación que debe entregar el solicitante. (Si hay inconsistencia en la información, el proceso se detendrá hasta su resolución) (Continuación)
3.4	Prueba de desgaste Los Ángeles a M1 y M6
3.5	Densidad Relativa a M1, M2, M3, M4, M5, y M6
3.6	CBR a M1, M2, M3, M4, M5 y M6
<b>4</b>	<b>Ensayos No Estándares</b>
4.1	CBR cíclico a M1, M2, M3, M4, M5 y M6
4.2	Ángulo de Roce o Fricción Interno triaxial o corte directo a M1, M2,
4.2	M3, M4, M5 y M6
4.3	Límite de Consistencia o Atterberg a M1, M2, M3, M4, M5 y M6

Fuente: Propia 2024.

## Conclusiones

Desde los tiempos de los Incas hasta hoy, el hombre ha necesitado desplazarse entre distintos territorios, buscando formas de subsistencia, para alimentarse y realizar el comercio e intercambio de sus productos. De ello se concluye que dicha necesidad de las comunidades humanas ha requerido un desarrollo sistemático en la construcción de nuevos caminos y rutas de interconexión con sus distintos asentamientos.

La revisión del material bibliográfico relacionado con las leyes y decretos dictados por las entidades gubernamentales para la clasificación de caminos, permite concluir que dicha clasificación no ha sido sencilla, pues ha sido necesario primeramente definir los tipos de caminos para clasificarlos, desde los aspectos legal y administrativo e incluso estableciendo facultades para que el Presidente de la República sea quien determine en forma directa y sin consulta, cuáles caminos son declarados como nacionales y qué caminos nacionales pueden adquirir el carácter de Internacionales, dada su función de integración del territorio a nivel internacional.

Se puede concluir que la utilización de las conchas de mejillón molidas como material granular de aporte al mejoramiento de los caminos, ayudará a bajar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en los procesos productivos del mejillón y facilitará su comercialización en los mercados internacionales que condicionan la compra de productos con altos índices de emisión CO<sub>2</sub>.

El problema de la contaminación en la región de Los Lagos se ve agravado por la saturación de sus vertederos, por lo tanto, es concluyente que, si se otorga utilidad práctica a las conchas de mejillón en el mejoramiento de los caminos de la misma región, habrá alrededor de 400 mil toneladas anuales que no será necesario transportar a otra región y no irán a parar a un basural.

Determinar si las conchas de mejillón molidas, de acuerdo a ciertas granulometrías sirven o no para utilizarlas como un material granular estabilizador para caminos no pavimentados y como subbases y bases de caminos que serán pavimentados, dependerá fundamentalmente de los resultados de ensayos como el CBR, arrojan valores notoriamente superiores a los preestablecidos en el Manual de Carreteras.

Se puede concluir que hay requisitos procedimentales y requerimientos de rangos de resultados de ensayos preestablecidos, que deben ser considerados como un marco de referencia para comparar los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio y determinar la utilidad de materiales como las conchas de mejillón molidas.

Los procedimientos descritos paso a paso en el Manual de Carreteras para la realización de los distintos ensayos de laboratorio deben ser aplicados rigurosamente en su preparación y aplicación, ya que sólo cumpliéndolos en forma ordenada se asegura la obtención de resultados confiables y válidos.

Para una propuesta de esta magnitud no basta con una simple reunión de los actores, ya que se requiere contar con la participación activa de los profesionales más calificados y de mayor experiencia que, trabajando en conjunto y después de diversas

reuniones, realizando los análisis técnicos adecuados van a lograr definir los procedimientos correctos para dar respuesta a la entidad solicitante.

## Referencias Bibliográficas

1. Santiago, F., Gordillo, S., Salemme, M. (2015) Moluscos en contextos arqueológicos de la costa atlántica de Tierra del Fuego: consumo prehistórico e implicancias de su distribución actual. *Revista Chilena de Antropología*, (29)  
<https://revistadeantropologia.uchile.cl/index.php/RCA/article/view/36204>
2. Ministerio de Obras Públicas (2022). Manual de Carreteras. Especificaciones de muestreo, ensayo y control, DGOP-Dirección de Vialidad-Chile, Vol 1 y 8.
3. Godoy Henríquez, J. (2020) Reutilización de la concha de mar: desde un mar de residuos, a la valorización de un objeto cotidiano  
<https://scholar.google.cl/scholar?hl=es&assdt=0%2C5&q=REUTILIZACI%C3%93N+DE+LA+CONCHA+DE+MAR&btnG>
4. Pérez Romero, D. W., Rojas Siesquen, W. A. (2021) Diseño de adoquín de concreto 380 kgf/cm<sup>2</sup> sustituyendo agregado fino por concha de abanico triturado  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80974>
5. Yusof, M., Ujai, S. J. J., Sahari, F., Taib, S. N. L., Mohamed, N, H. N. (2011). Aplicación de la concha de almeja. *Acta de EnCon*, 4<sup>a</sup> Conferencia de Ingeniería, 2011.  
[https://www-startupwala-com.translate.goog/trademarks-registration/search-CHENNAI-encon-2011-NATIONAL-ENERGY-CONGRESS-2193651?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es-419&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-startupwala-com.translate.goog/trademarks-registration/search-CHENNAI-encon-2011-NATIONAL-ENERGY-CONGRESS-2193651?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc)
6. Martínez-García, C. (2016) Estudio del comportamiento de la concha de mejillón como árido para la fabricación de hormigones en masa: aplicación de la cimentación de un módulo experimental (Módulo Biovalvo). Recuperado de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17489>
7. Felipe-Sesse, M., Eliche Quesada, D., Corpas-Iglesias, F.A. (2011) El aprovechamiento de residuos sólidos derivados de diferentes actividades industriales para la obtención de silicatos cálcicos para su uso como materiales aislantes de construcción. *Cerámica Industrial*, 37(8), 3019-3028
8. Djobo, J. N. Y., Tchakoute, H. K., Ranjbou, N., Elimki, A., Tchadjie, L. N., Njopwouo, D. (2006). Gel composition and Strength Properties of Alkali-Activated Oyster Shell-Volcanic Ash: Effect of Synthesis Condition. *Journal of Ceramic Society*, 99, 3159-3166  
<https://doi.org/10.1111/jace.14332>
9. Hernández Vásquez, E. B., Muro Sandoval, R.O. (2021) Efecto de concha de mejillón y puzolana en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90008>

10. Quezada Osoria, S. E. (2018) Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3207>
11. Apac Jesús, J. S, (2020). Estabilización de suelos blandos con valva de concha de abanico para la subrasante tramo 0+0.6 km Cañete  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64395>
12. Carnero Chávez, D. O., Martos Chávez, J. F. (2019) Influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo Chepate, Distrito de Casas, La Libertad.  
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4618>
13. Camacho Miñano, N. M., Villanueva Enríquez, P. S. (2022) Estabilización de suelo arenoso usando conchas de abanico en la vía hacia Playa Anconcillo, Distrito de Nuevo Chimbote, Ancash.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96467>
14. Farfán, Raimundo, P.R. (2016) Uso de concha de abanico triturada para el mejoramiento de subrasantes arenosas.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2333>

# Sistema de comunicación científico para la organización del trabajo académico

## Scientific communication system for the organization of academic work

Marcelo Claudio Perissé<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Editorial Ciencia y Técnica Administrativa,  
Buenos Aires, Argentina  
cyta@cyta.com.ar

**Resumen.** El propósito del presente trabajo es el de presentar la constitución de un sistema de información científico que se establezca como un centro de conocimientos y formación dirigido por académicos, apto para la «Ciencia Abierta». En el marco del aprendizaje activo basado en proyectos, hemos realizado una matriz de análisis, para poder llevar adelante un modelo para la publicación, revisión, y curación de contenidos; estableciendo así una «red personal de aprendizaje». Es así que se presenta un caso de aplicación que permite explicitar la capacidad docente sobre las tareas de: curadores, creadores de contenido, y diseñadores curriculares; impulsando así, una mejora en el «marco de competencias» de los profesores y consecuentemente en la calidad de la educación. Consecuentemente, implementar un sistema de información científica, que integre la comunicación científica con la académica, permitirá pasar de una comunidad de acceso abierto a una comunidad global de comunicación dirigida por académicos.

*Palabras Política científica, Ciencia abierta, Sistema de información científica, Sistema de información integrada, Aprendizaje activo, Enseñanza y formación (UNESCO Thesaurus).*

**Abstract.** The purpose of this work is to present the constitution of a scientific information system that is established as a knowledge and training center run by academics, suitable for «Open Science» Within the framework of active project-based learning, we have created an analysis matrix to be able to carry out a model for the publication, review, and curation of content; thus, establishing a «personal learning network». Thus, an application case is presented that makes it possible to explain the teaching capacity on the tasks of curators, content creators, and curricular designers; thus, promoting an improvement in the “competition framework” of teachers and consequently in the quality of education. Consequently, implementing a scientific information system that integrates scientific and academic communication will allow us to move from an open access community to a global communication community directed by academics.

*Keywords: Science policy, Open science, Scientific information systems, Integrated information systems, Activity learning, Teaching and training.*

## 1. Introducción

Nuestra visión es la de desarrollar un sistema de información científico y académico que sea de utilidad para los procesos de investigación, desarrollo e innovación productiva que atiendan a necesidades sociales y económicas concretas y justificadas (Market-Pull); y principalmente, apto para la «Ciencia Abierta» [1, pp. 2-4,7,12,18-19,23,26-27,36]. La implementación del sistema ha de permitir divulgar, hacia la sociedad, y difundir, para la comunidad científica, las evidencias científicas resultantes de la investigación científica (Science outreach); y por, sobre todo, constituirse en un valioso instrumento para el *proceso de enseñanza-aprendizaje* en el marco del «aprendizaje activo» (Action learning) [2] [3] [4, p. 20]. Este enfoque, garantiza una comunicación dinámica, integra, y transparente de *conocimientos científicos de alta calidad*, que son necesarios en las labores académicas y científicas de construir saberes que brindan soluciones a problemas relevantes para la sociedad.

De acuerdo con la visión y los principios previamente establecidos, la universidad con sus tres funciones básicas: académica, investigación, y extensión, se constituye en un espacio de «Ciencia Ciudadana», que crea y desarrolla las relaciones del trabajo científico y académico de la comunidad de docentes-investigadores, de forma abierta, participativa y cooperativa con la sociedad y las fuerzas productivas [5] [6].

Para ello, es preciso el desarrollo e implementación de una plataforma online, que se establezca como un centro de conocimiento y formación, que permita compartir recursos y establecer una «enseñanza activa», que a través de un «aprendizaje basado en proyectos», docentes y estudiantes adquieran los conocimientos y las competencias necesarias para dar respuestas a los problemas sociales abordados [7].

Es aquí donde podemos tomar la perspectiva hermenéutica de Thomas Kuhn [8, p. 20], quien dedica una significativa relevancia a los textos científicos, cuando expresa que: si la ciencia es la constelación de hechos, teorías y métodos reunidos en los libros de texto actuales, entonces los científicos son hombres que, se esfuerzan en contribuir con algún que otro elemento a esa constelación particular. Por ello, toda investigación científica debe poseer un léxico y un *vocabulario semánticamente bien estructurado*, que le permita realizar una revisión de la literatura científica sobre los distintos tipos de textos científicos y académicos, que les permita llegar a los conceptos necesarios para describir claramente al objeto de estudio; además, debe ser lo suficientemente preciso para poder construir, hacia adelante, el *dominio del discurso* sobre aquel objeto de estudio [9, pp. 26, 80] (ver ilustración 1).

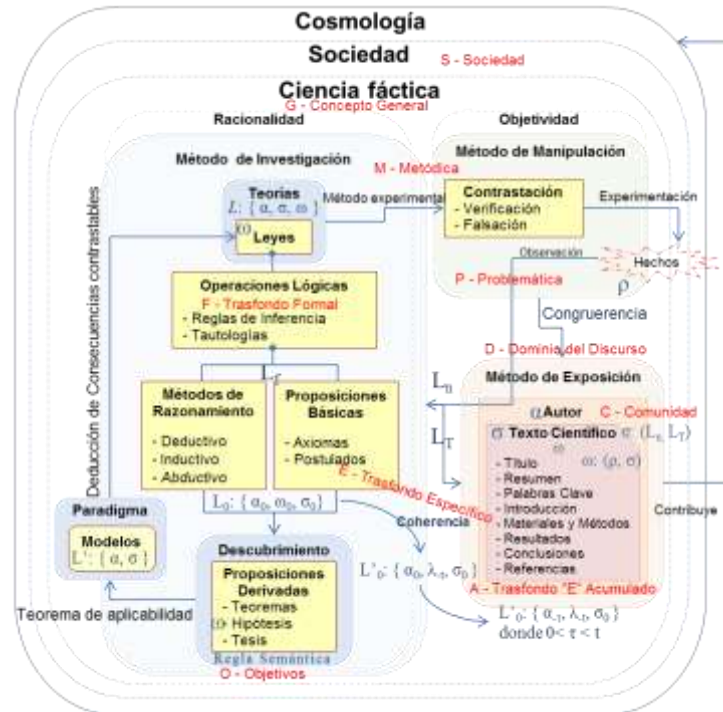


Ilustración 1 Modelo conceptual de ciencia basado en Thomas Khun  
Fuente: Adaptado de Perissé, Marcelo Claudio. Semantic web in higher education. Journal of Information Systems and Technology Management [10]

Donde:

- $L_n$ : Lenguaje Natural;  $L_o$ : Lenguaje Objeto;  $L_t$ : Lenguaje Teórico;  $L_r$ : lenguaje formal;  $L-t$ : teoría pretérita, fechada t unidades de tiempo anteriores a la actualidad;  $L_o$ : conjunto de proposiciones científicas actuales referentes a una teoría pretérita.
- $\sigma$ : /signos/ del lenguaje,  $\omega$ : //objetos// referidos por el lenguaje,  $\alpha$ : «usuarios» del lenguaje,  $\rho$ : //objetos// de la realidad,  $m$ : modelo formal:  $m = \{\xi, \rho, a\}$
- $L$ :  $\{\sigma, \omega, \alpha\}$ , (2)  $\sigma$ :  $(L_o, L_t, L_n)$ , (3)  $\omega$ :  $(\rho, \sigma)$ , (4)  $L'$ :  $\{\sigma, \alpha\}$ , (5)  $L_0$ :  $\{\sigma_0, \omega_0, \alpha_0\}$ , (6)  $L'_0$ :  $\{\sigma_0, \lambda-t, \alpha_0\}$ , (7)  $L''_0$ :  $\{\sigma-t; \lambda-t; \alpha_0\}$ , (8)  $L''_0$ :  $\{\sigma-t, \lambda-t, \alpha_0\}$  donde es:  $0 < \tau < t$
- El paso de  $L'$ :  $\{\sigma, \alpha\}$  a  $L$ :  $\{\sigma, \omega, \alpha\}$ , describe el desarrollo de un modelo en teoría; en tanto, la verificación hace más exacto el significado, pero no produce significado alguno.

En cuanto al ámbito de la «enseñanza activa» y en particular el *aprendizaje basado en proyectos*, se precisa establecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de forma efectiva; para lo cual, y en nuestro caso, se propone proveer un *sistema de comunicación dirigido por académicos* bajo el «Modelo PRC»: Publicar – Revisar – Curar; con foco en la «curación digital» y más particularmente en la «curación de contenidos» [11], como método sistemático que permite: identificar, evaluar, e



interpretar trabajos de investigación en un campo de conocimiento científico determinado, a través de los siguientes pasos: búsqueda, selección, caracterización, y difusión de información.

De este modo se enriquece el proceso educativo entre docentes y estudiantes, en un marco denominado: Entorno Personal de Aprendizaje (PLE por sus siglas en inglés: Personal Learning Environment), el cual se ve constituido por las siguientes actividades:

- Buscar y seleccionar la información de interés,
- Organizar los contenidos,
- Comunicarse con los demás, a través de una Red Personal de Aprendizaje (PLN por sus siglas en inglés: Personal Learning Network),
- Crear nuevos contenidos,
- Publicarlos para compartirlos con la comunidad, y
- Colaborar comunitariamente en tareas de producción científica y académicas.

Para que los docentes realicen una buena curación de contenidos, la universidad, o todo *centro de capacitación, información e investigación educativa*, debe proveerle al docente, un «marco de competencias» en gestión de información, lo que enriquece las capacidades para realizar una revisión de literatura científica (sistémica o mejor aún sistemática) [12], donde el principal resultado es el de alcanzar una «organización científica del trabajo creativo», permitiendo que el docente curador se actualice constantemente en la gestión de su propio aprendizaje, donde primero aprende de lo que está expuesto en los libros, para luego aprender y enseñar sobre las propias investigaciones [8, p. 20].

## **2. Proceso de curación: una propuesta metodológica**

En ese sentido, es necesario encontrar de forma simple, por la aplicación de técnicas bien elaboradas, contenidos de calidad para incorporarlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje; de este modo, la curación de contenido se adapta a las expectativas de la comunidad educativa. La labor académica e investigativa requiere, también, la divulgación de información científica entre expertos de la materia, y así fomentar el intercambio de conocimientos [13]. Teniendo en cuenta lo expresado, los docentes pueden curar contenido educativo a través de los sistemas de información científica, comunicando constantemente sus nuevos estudios e investigaciones y establecerse como sujetos docentes-investigadores, partícipes de en las actividades académicas.

Basados en una concepción epistemológica de Mario Bunge [14, p. 45], hemos realizado una matriz de análisis, que se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 1 Elementos sustanciales para realizar una curación de un artículo científico**

<b>Dominio del Discurso</b>	<b>Evidencias relevantes D</b> En esencia, cuál es el <i>objeto de estudio</i> Cuál es la principal <i>idea sustanciada en datos</i> (dataset) que permite distinguir y comprender el objeto de estudio
<b>Problemática y Objetivo</b>	<b>Propósito P (Referente a la naturaleza del objeto de estudio) y Objetivo O (Fines o Metas)</b> Cuál es el <i>propósito</i> del estudio y cuáles sus <i>implicancias</i> Cuál es el <i>problema</i> , y su planteo concreto, que se presenta Cuál es el <b>objetivo</b> (como resultado a priori) que se persigue
<b>Conocimiento (Trasfondo)</b>	<b>Fondo Formal - Fondo Específico</b> Cuál es el conocimiento en que se basa el estudio, como ser <i>teorías, leyes, principios, o modelos</i> aceptados por los cuales se referencia o representa al objeto de estudio
<b>Metódica</b>	<b>Métodos utilizados M</b> Qué tipo de <i>metodología</i> se aplica consecuentemente
<b>Resultados</b>	<b>Resultados o principal hallazgo que concuerda con el objetivo aporta al Trasfondo Fa (A) acumulado de conocimientos</b> Cuáles son las principales <i>evidencias</i> surgentes del estudio
<b>Conclusión</b>	<b>Resultados que aportan al campo de conocimiento como Trasfondo Acumulado Fa</b> Cuál es el <i>principal hallazgo</i> y a partir de la principal deducción de las consecuencias contrastables provistas por los resultados Cuál es la <i>implicancia</i> para el campo del conocimiento

Un *caso de aplicación* puede observarse en la curación del siguiente artículo:

Loza, R., Romani, G., Castañeda, W., & Arias, G. (2023). Influence of skills and knowledge on the financial attitude of university students. *Tec Empresarial*, 18(1), 65–83. <https://doi.org/10.18845/te.v18i1.7002>

y su respectiva curación en:

Perissé, Marcelo Claudio (2024). Formación Financiera: influencia de conocimientos y habilidades en la actitud financiera. *Técnica Administrativa*. 23(3), 1. <http://www.cyta.com.ar/ta/curation.php?id=230301>

### 3. Conocimiento científico abierto: comunicación dirigida por académicos

Implementar un sistema de información científica, que integre la comunicación científica con la académica, permitirá pasar de una comunidad de acceso abierto (Open Archives Initiative - OAI) a una comunidad global de comunicación dirigida por académicos. Este enfoque está alineado con la Recomendación sobre la Ciencia Abierta de la UNESCO [1, pp. 10-11], cuando indica que el *conocimiento científico abierto* se

refiere también a la posibilidad de abrir las metodologías de investigación y los procesos de evaluación de tal forma que los usuarios obtienen acceso libre a:

- Publicaciones científicas, que incluyen: artículos de revistas (regular papers, reviews, scientific essay, systematic review), informes de investigación, y documentos de conferencias.
- Conjunto de datos (Datasets) de investigación abiertos, que incluyen: datos digitales con los metadatos que los acompañan, registros textuales, imágenes y sonidos, todos ellos de conformidad con los principios FAIR: Fáciles de encontrar, Accesibles, Interoperables y Reutilizables.
- Recursos Educativos Abiertos (REA), que incluyen materiales de enseñanza, de aprendizaje y de investigación que han sido publicados con una licencia abierta que permite el acceso a ellos, así como su utilización, adaptación y redistribución, sin costo alguno por parte de terceros y sin restricciones, tal se definen en la Recomendación sobre los Recursos Educativos Abiertos de la UNESCO [15, p. 14], en particular los relacionados con la comprensión y el uso de otros conocimientos científicos de acceso abierto.

Ante ello, las revistas científicas han de constituirse como publicaciones «Diamond Open Access», siguiendo las recomendaciones de la UNESCO [16, pp. 20-29] y de la European Science Foundation [17] sobre «Ciencia Abierta» y sobre «Recursos Educativos Abiertos» (REA), que tienen como principal objetivo ser un instrumento de comunicación, destinado a transferir el conocimiento generado por la actividad científica y académica, además de permitirles a los docentes mejorar sus capacidades de: curadores, creadores de contenido, y diseñadores curriculares; permitiendo así, una mejora en el «marco de competencias» de los profesores y consecuentemente en la calidad de la educación [18].

#### 4. Conclusión

El sistema integrado de información científica y académica brinda un conjunto de soluciones abiertas que contribuyen al progreso de la educación y de la ciencia abierta, en pos de construir una Ciencia Ciudadana, que permite: el acceso abierto a la información científica (Open Access, OA), la interoperabilidad de los Recursos Educativos Abiertos (REA), el libre acceso a los Datos abiertos (datasets), y la utilización del Software Libre de Código Abierto (Free and Open-Source Software, FOSS).

Consecuentemente, el trabajo diario de los docentes-investigadores en llevar adelante un sistema de comunicación dirigido por académicos bajo el modelo de publicar, revisar, y curar se torna sustancial para una enseñanza activa.

#### Referencias

- [1] UNESCO, "Recomendación de la UNESCO sobre la Ciencia Abierta," Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris, 2021.
- [2] K. Lewin, "Action research and minority problems," *Journal of Social*, pp. 34-46, 1946.

- [3] L. Stenhouse, *Research as a Basis for Teaching*, London: Heinemann Educational, 1989.
- [4] M. Bunge, *100 ideas: el libro para pensar y discutir en el café*, Debolsillo, 2006.
- [5] M. Sterken and R. Capiou, "Data charter and guide for citizen science: A basic set of principles to support open and interoperable citizen-science data," Scivil, Leuven, 2021.
- [6] Scivil, "Scivil | Citizen Science Vlaanderen," 2023. [Online]. Available: <https://www.scivil.be/>.
- [7] B. Magide, "El ABC del ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos," 2021.
- [8] T. S. Kuhn, "La estructura de las revoluciones científicas," Fondo de Cultura Económica, México, 2004.
- [9] T. S. Kuhn, *El camino desde la estructura*, Barcelona: Paidós, 1977.
- [10] M. C. Perissé, "Semantic web in higher education," *Journal of Information Systems and Technology Management*, vol. 5, no. 2, pp. 223-234, 2008.
- [11] J. Guallar, T. R. Hernández-Campillo and L. Codina, "Curación de contenidos en artículos científicos. Categorías y casos," *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, vol. 24, no. 3, pp. 469-490, 2022.
- [12] L. Codina, "Revisiones de la literatura con aproximación sistemática: scoping reviews," Univ. Rosario Castellanos, México, 2023.
- [13] M. C. Perissé, "Sistema de Información Científica," 12 2020. [Online]. Available: [http://cyta.com.ar/biblioteca/bd\\_project/communication\\_project.htm](http://cyta.com.ar/biblioteca/bd_project/communication_project.htm).
- [14] M. Bunge, *Seudociencia e Ideología*, Madrid: Alianza, 1985.
- [15] UNESCO, "La Recomendación de 2019 de la UNESCO sobre los Recursos Educativos Abiertos (REA): fomento del acceso universal a la información mediante material de aprendizaje abierto de calidad," UNESCO, Paris, 2023.
- [16] UNESCO, "Recomendación sobre los Recursos Educativos Abiertos," Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris, 2019.
- [17] funders, cOAlition S, "Plan S: Making full and immediate Open Access a reality," European Science Foundation, Estrasburgo, 2023.
- [18] UNESCO, *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC*, 3 ed., Paris: UNESCO, 2019, p. 64.

# Solución basada en código abierto para la gestión de bioseñales aplicada en Internet de las Cosas Médicas

## Open source solution for biosignal management applied to the Internet of Medical Things

Dr. Leonardo Juan Ramírez López <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.  
[leonardo.ramirez@unimilitar.edu.co](mailto:leonardo.ramirez@unimilitar.edu.co)

**Resumen.** La telemedicina sigue siendo la tecnología de valiosa aplicación en los países para evitar el traslado del staff médico a dispendiosas distancias geográficas. El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar una solución de monitoreo remoto La plataforma de código abierto, e-health platformV2.0, la cual se utilizó como base para el desarrollo de esta solución, debido a su capacidad para integrar diferentes herramientas y tecnologías. El proyecto cuenta con seis sensores entre ellos la temperatura, electrocardiografía, flujo de aire, pulso y saturación de oxígeno en la sangre. El foco fue la búsqueda de un método para poder implementar estas comunicaciones. Aquí se encontraron los websockets, quienes facilitaron la tarea de la interconexión a utilización de frameworks de back-end como Express y front-end como React permitió una fácil integración de los diferentes componentes del proyecto. La integración de estos frameworks hizo que el desarrollo del proyecto fuera más eficiente y permitió una fácil implementación de nuevas funcionalidades. Por último, se agregaron otras funcionalidades, como la capacidad de elegir usuario y también almacenar los datos de estos y de las señales. Se logró la optimización del almacenamiento de las señales, así como en el refuerzo de seguridad digital de los datos.

**Palabras claves:** Telemedicina, bioseñales, sockets, salud digital, Código fuente.

**Abstract.** Telemedicine remains a valuable technology for countries to avoid the transfer of medical staff to long geographical distances. The main objective of this work was to develop a remote monitoring solution. The open-source platform, e-health platform V2.0, was used as the basis for the development of this solution, due to its ability to integrate different tools and technologies. The project has six sensors, including temperature, electrocardiography, air flow, pulse and blood oxygen saturation. The focus was on finding a method to implement these communications. Here, websockets were found, which facilitated the task of interconnection using back-end frameworks such as Express and front-end frameworks such as React, allowing easy integration of the different components of

the project. The integration of these frameworks made the development of the project more efficient and allowed easy implementation of new functionalities. Finally, other functionalities were added, such as the ability to choose a user and also store their data and signals. The optimization of signal storage was achieved, as well as the reinforcement of digital data security.

*Keywords: Telemedicine, bio signal, sockets, e-health, open-source.*

## 1 Introducción

La salud es un aspecto fundamental en la vida de cada ser humano. En el año 2020 ocurrió un evento que cambiaría la importancia que le damos a esta y nos haría replantear los mecanismos para cuidarla. El COVID 19 generó un impacto en la sociedad que requirió acciones rápidas que pudiera apaciguar la problemática. Según la OMS para hoy mayo del 2023 se tienen contadas alrededor de 7 millones de muertes y un estimado de 765 mil casos alrededor del mundo [1]. En diferentes ciudades del mundo como Bogotá, las UCI llegaron a estar sin disponibilidad [2] y en diferentes ámbitos tuvimos que adaptarnos a la nueva cotidianidad en donde no podíamos estar cerca a otras personas, por el riesgo que esto pudiera suponer. Por todo esto y más se impulsó la manera en la que nos relacionábamos con la tecnología. Al no poder estar cerca necesitábamos de algo que nos permitiera llevar nuestras vidas sin la necesidad de estar presente, y por ello se empezó a hacer más popular el término "remoto" y con ello la telemedicina [3].

Una de las tecnologías que tomaron más impulso fue IoMT (Internet of medical things) Esto se refiere a la interconexión de dispositivos y la tecnología que permite la comunicación entre ellos y con la nube [4]. De aquí incremento la búsqueda soluciones enfocadas a los sistemas de monitoreos e-health de forma remota, los cuales buscaban, a través de placas y sensores como los son Arduino, Raspberry entre otros, poder transmitir señales biomédicas y tener un mejor control sobre la salud de las personas [5,6]. Estos sistemas trajeron beneficios como la reducción de costos y la optimización de los procesos en diferentes centros de salud [7]. Uno de los retos a afrontar en Telemedicina es la transmisión de datos en tiempo real y una de las soluciones a esta problemática pueden ser los websockets, los cuales permiten crear una conexión bidireccional entre cliente, servidor y otros usuarios [8, 9].

La telemedicina es una práctica médica que se realiza a través de medios electrónicos y tecnológicos, con el fin de brindar atención médica a distancia [10]. Esta se ha convertido en una herramienta crucial en el campo de la atención médica, especialmente para resolver problemas como la falta de recursos, la distancia geográfica y la accesibilidad a la atención médica [11]. Además, la telemedicina ha permitido una mayor accesibilidad y comodidad para los pacientes, especialmente aquellos con discapacidades o enfermedades crónicas que requieren una atención médica constante. En un estudio realizado por [12] concluyen que la medicina remota se expandió de forma rápida debido a situación de salud se vivió en ese

---

momento, esto termino impulsando nuevos proyectos para ofrecer mejor atención a los usuarios. Al proporcionar una comunicación constante y un seguimiento más cercano, la telemedicina puede mejorar la calidad de vida y el bienestar de los pacientes.

## 2 Algunos conceptos preliminares

La teoría matemática de la información fue un proceso el cual se empezó a fundamentar 30 años antes de que en 1949 Claude Shannon y Warren Weaver la describieran [13]. La teoría de los bioseñales se refiere al estudio y el análisis de las señales eléctricas generadas por los sistemas Biológicos [15] los bioseñales son señales eléctricas que se originan en el cuerpo humano y se pueden medir y analizar para obtener la información sobre el estado de salud y el funcionamiento del cuerpo [16]. Algunas de los bioseñales más comunes que se estudian incluyen la actividad eléctrica del corazón (ECG), la actividad eléctrica del cerebro (EEG), la actividad eléctrica de los músculos (EMG), la actividad eléctrica de la piel (GSR), entre otras [17]. La disciplina conocida como teoría del desarrollo de software se centra en la creación de métodos y técnicas para producir software de alta calidad [18]. Este campo de estudio considera varios aspectos del proceso de desarrollo de software, como la planificación, el diseño, la implementación, la prueba y el mantenimiento del software [19]. Entre los enfoques más populares en este ámbito se encuentran el desarrollo ágil, el desarrollo basado en componentes, el desarrollo orientado a objetos y el desarrollo guiado por modelos [20].

**2.1 Open Source:** También conocido como software libre, es una filosofía y movimiento que busca promover la colaboración y el acceso libre a los códigos fuente de software [21]. Esta iniciativa fue creada por Richard Stallman en el año 1984, con el objetivo de permitir que cualquier persona pueda tener acceso y modificar el código fuente de un software, siempre y cuando se respeten las libertades de los usuarios [22]. La idea detrás del Open Source es que al compartir el código fuente del software, se pueden crear productos más confiables, estables, seguros y con mayor calidad. Esto se debe a que cualquier persona que tenga conocimientos de programación puede inspeccionar, mejorar y colaborar en la creación y mejora del software, lo que permite una mayor transparencia y eficiencia en el proceso de desarrollo [23].

**2.2 Modelo cliente servidor:** es una arquitectura de red que se utiliza para distribuir las tareas de procesamiento entre dos tipos de computadoras o dispositivos: los clientes y los servidores [24]. En este modelo, los clientes solicitan servicios o recursos al servidor, y este último responde a estas solicitudes. El servidor es el responsable de proporcionar los servicios y recursos solicitados, mientras que el cliente es el que los utiliza. Es ampliamente utilizado en la actualidad debido a su capacidad para manejar grandes cantidades de información y procesamiento en tiempo real. Todo ha ido evolucionado con el tiempo, y ha dado lugar a nuevas arquitecturas de red, como la arquitectura de tres capas y la arquitectura orientada a servicios o SOA [25, 26].

**2.3 Arquitectura orientada a servicios:** es un enfoque arquitectónico para diseñar sistemas de software en el que los componentes se organizan en servicios interconectados que ofrecen funcionalidades específicas a través de una red [27]. En SOA, los servicios se ofrecen como unidades independientes, con interfaces estandarizadas y protocolos de comunicación definidos [27]. Linux es un sistema operativo de código abierto basado en Unix que se utiliza en todo el mundo para ejecutar servidores, computadoras de escritorio y dispositivos móviles [28].

**2.4 Node.js:** es un entorno de programación que permite a los desarrolladores crear aplicaciones de red escalables y de alta velocidad en el lado del servidor [30]. Es un software de código abierto que puede ejecutarse en múltiples plataformas, incluyendo Windows, macOS y Linux. Para garantizar un alto rendimiento y escalabilidad, Node.js utiliza una arquitectura basada en eventos y un modelo de entrada/salida sin bloqueo [31].

**2.5 Express Framework:** es un framework altamente reconocido en el ecosistema de Node.js que permite a los desarrolladores crear aplicaciones web y APIs con gran eficiencia y simplicidad [32]. Este framework provee una amplia gama de herramientas y características que optimizan la creación de aplicaciones web, entre ellas, la funcionalidad de enrutamiento, middleware, gestión de solicitudes y respuestas HTTP, así como también la capacidad de manejar errores [33].

**2.6 Websockets:** son una tecnología de comunicación en tiempo real de gran importancia en la actualidad, que permite a las aplicaciones web intercambiar datos en ambas direcciones de forma eficiente, sin la necesidad de una petición HTTP adicional [34]. En lugar de utilizar un modelo de solicitud y respuesta, los Websockets establecen una conexión persistente entre el navegador y el servidor, lo que permite una comunicación bidireccional de datos a través de un canal de comunicación único y optimizado [35]. Los Websockets utilizan un protocolo de comunicación independiente del lenguaje, llamado Websockets Protocol, que se ejecuta sobre un socket TCP/IP existente [36]. Este protocolo se utiliza para enviar y recibir mensajes de forma eficiente en tiempo real, lo que es ideal para aplicaciones web que requieren una actualización constante de los datos.

**2.7 Peticiones HTTP:** también conocidas como protocolo de transferencia de hipertexto, son un protocolo de comunicación utilizado en la World Wide Web para transmitir datos entre servidores y clientes [37]. Este protocolo es esencial para permitir que las aplicaciones web soliciten información y recursos de servidores web [38].

**2.8 Front-End:** se refiere a la capa de presentación de una aplicación web que se ejecuta en el navegador web del cliente y está diseñada para interactuar con el usuario y presentar información de manera visual [39]. Esta capa de la aplicación es la encargada de transmitir de manera efectiva la información al usuario a través de una interfaz de usuario amigable y atractiva. El front-end se compone de diversos elementos, como botones, formularios, animaciones y gráficos, que son diseñados y



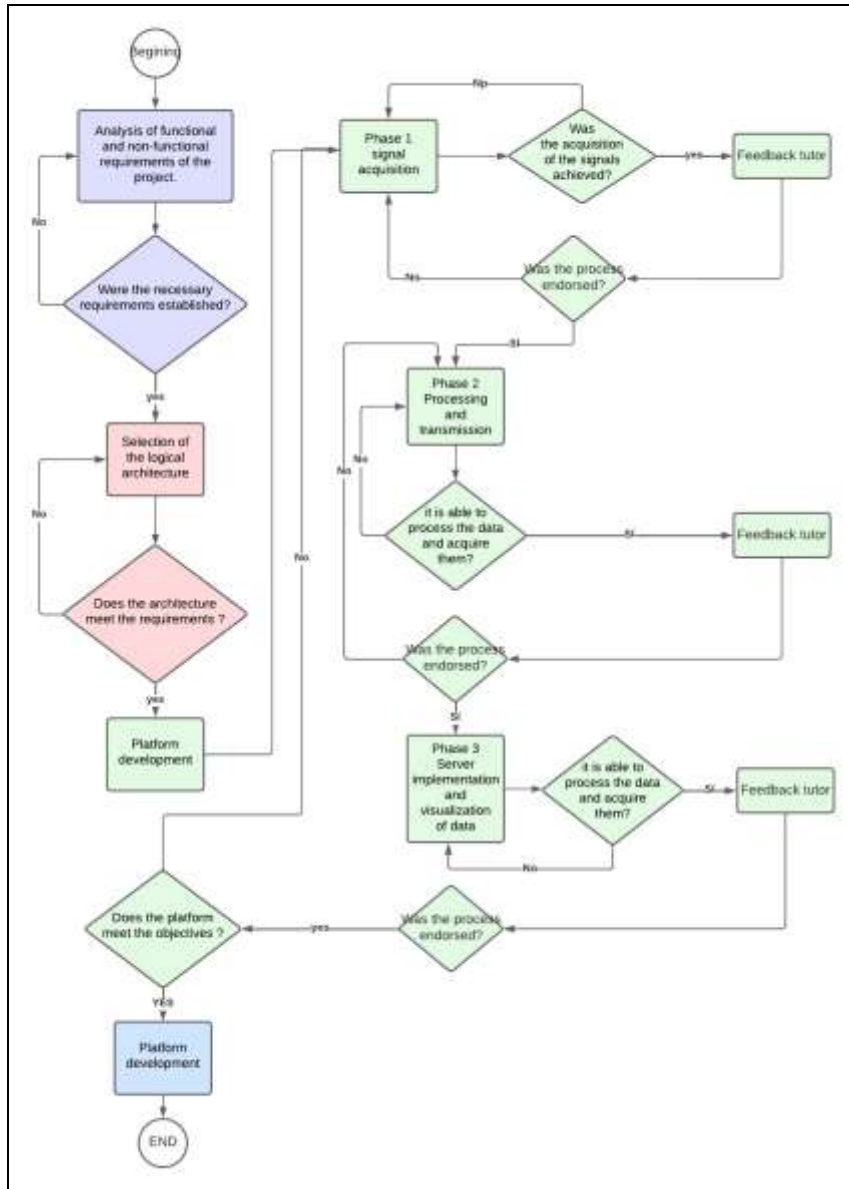
programados para optimizar la experiencia del usuario y la interacción con la aplicación [40].

**2.9 React Framework:** es una biblioteca de JavaScript de código abierto utilizada para construir interfaces de usuario (UI) interactivas y reutilizables [41]. Fue desarrollado por Facebook y se lanzó por primera vez en 2013. React es una de las bibliotecas más populares para la construcción de aplicaciones web de una sola página (SPA) y aplicaciones móviles [42]. React se basa en el concepto de componentes, que son elementos de interfaz de usuario reutilizables que se pueden combinar para crear interfaces de usuario más complejas [41]. Cada componente en React es una pieza autónoma de código que se puede usar varias veces en diferentes partes de una aplicación.

## 2 Método

La metodología utilizada se basó en el funcionamiento de las metodologías ágiles, las cuales incluyen un conjunto de directivas que pueden ser empleadas por un equipo de desarrollo de software para llevar a cabo el desarrollo de un producto [51]. En particular, se aplicó la metodología SCRUM, debido a que, aunque originalmente diseñada para equipos más grandes, se consideró que cuenta con fundamentos que pueden ayudar a optimizar el proceso. Entre estos fundamentos se encuentra el Product Backlog, el cual consiste en una lista de trabajos realizados anteriormente y lo que queda por realizar; el Sprint Backlog, que es la parte del producto que se entregará normalmente en un plazo de 1 a 4 semanas, y finalmente la Revisión Semanal, la cual se realiza cada semana [52]. La Figura 1 presenta el flujograma de las actividades realizadas.

Figura 1. Flujograma de trabajo



### 3 Resultados

Se usa la tarjeta de desarrollo e-Health v2.0, también desarrollada por Cooking Hacks. Esta tarjeta permite la transmisión de sensores biomédicos por medio de la tarjeta Arduino, funcionando como un módulo que utiliza las características de la placa italiana para realizar las mediciones de los distintos sensores. Para utilizarla, se requieren las librerías proporcionadas por Cooking Hacks. Una vez asegurada la tarjeta de adquisición de señales el siguiente paso era pensar como transmitirlos. Para ello, se concedió la idea de utilizarla con una Raspberry modelo pi B+ la cual actúa como un ordenador pequeño. Esto le permite programar capacidades de transmisión y adquisición de los datos por medio de serie. Así esta última iría conectada al Arduino y juntas enviarían las señales al servidor. Aquí el siguiente paso es definir cuál sería la mejor alternativa para transmitir las señales. De acuerdo a la arquitectura actual con ello se plantea la siguiente figura.

Figura 2. Tabla Comparativa de transmisión entre HTTP y Websockets

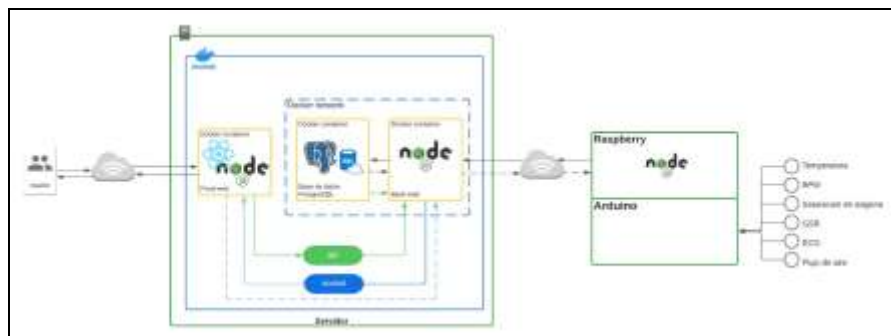
Transmisión http	Transmisión por websockets
El protocolo HTTP no está diseñado para transmisiones en tiempo real y puede tener latencias significativas.[35]	La comunicación se establece como una conexión bidireccional y continua, lo que significa que el servidor y el cliente pueden enviar y recibir mensajes en cualquier momento sin tener que esperar a que el otro termine de enviar [35].
El protocolo HTTP se ejecuta en la mayoría de las redes, lo que significa que no hay restricciones sobre la compatibilidad con el hardware de red [54].	El protocolo WebSocket utiliza una cantidad relativamente baja de ancho de banda, lo que significa que las transmisiones en tiempo real pueden funcionar sin interrupciones [54]
HTTP no permite la transmisión bidireccional y continua de datos, lo que significa que el servidor y el cliente deben esperar a que se complete cada transmisión antes de enviar la siguiente [55].	Los websockets pueden ser difíciles de implementar y configurar correctamente [55]
El protocolo HTTP utiliza más ancho de banda que los websockets, lo que puede resultar en una transmisión menos eficiente [54].	La comunicación por websocket puede no ser tan segura como el protocolo HTTP [54]
Tiempo en transmisión de HTTP: 2-3 segundos para cada petición [56]	De 500 a 600 ms por intercambio de datos [56]
Mayor consumo de ancho de banda [57]	Menor consumo de ancho de banda [57]

#### 3.1 Arquitectura de datos

Posteriormente, se planteó la idea de trasladar el servidor a la infraestructura del grupo de investigación TIGUM de la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá Colombia, el cual funciona con RedHat una distribución de Linux, ya que ellos cuentan con un servidor propio, lo que permitiría tener la plataforma con una disponibilidad constante y con una dirección IP no variable. Además, el servidor de

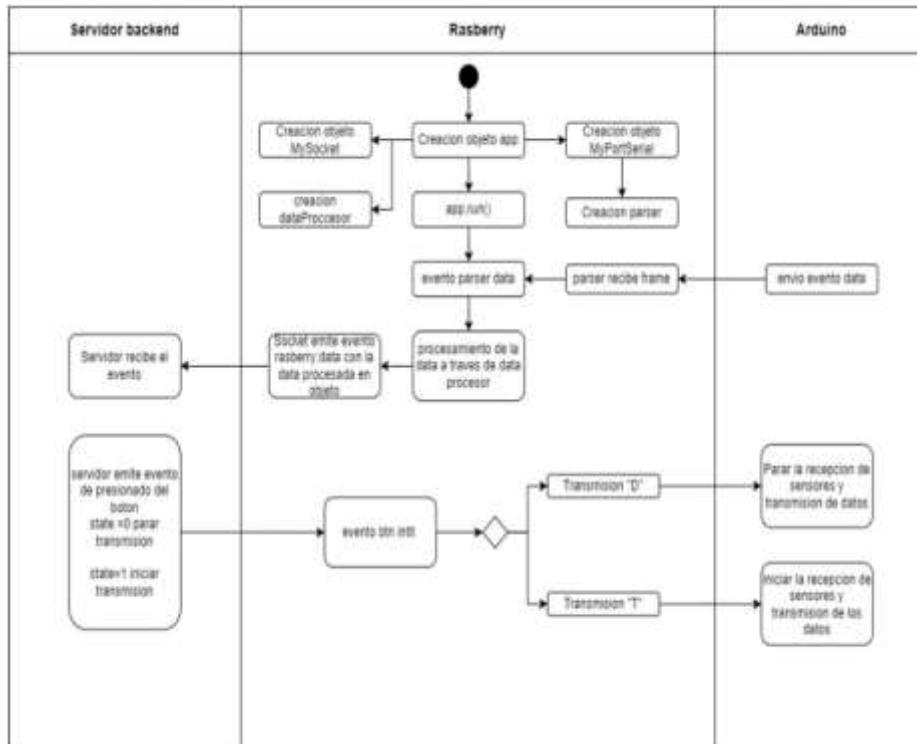
TIGUM está dedicado a alojar aplicaciones de investigación, lo que proporciona un ambiente seguro y estable para el funcionamiento de la plataforma. Se implementa una base de datos la cual se utiliza para almacenar la información de las señales adquiridas por la plataforma como la información de los usuarios. Un front-end por medio del framework React, este se encarga a través de componentes delegar los archivos por los cuáles el usuario para que este pueda acceder de manera visual a la plataforma. De esta forma, se logró una interfaz amigable e intuitiva para el usuario final. Por último, para que el servidor pueda delegar tareas de mejor manera se decidió implementar una arquitectura por servicios la cual tendrá contenerizados la parte back-end, base de datos y front-end en el servidor. La arquitectura implementada quedó definida en la Figura 3.

Figura 3. Arquitectura implementada para la solución



El proceso de adquisición se presenta en la Figura 4.

Figura 4. Proceso de adquisición de la data



En el caso de las señales con tiempo de muestreo largo, como la temperatura, el oxímetro y el pulsómetro, se obtiene el promedio del dato actual y el anterior. En el caso de las señales con muestreo corto, como el flujo de aire y el ECG, se evalúa la cantidad de picos obtenidos en un minuto para obtener la frecuencia de presentación de estas señales. Este proceso es especialmente útil para detectar patrones en las señales. Luego de obtener este valor, se realiza una petición al elemento "info" guardado en la carpeta "public", donde se pueden modificar estos valores accediendo al archivo JSON se pueden ver los valores de los límites en la Figura 5. Finalmente, se define qué bandera se mostrará en ese momento, cambiando el color de la gráfica. Es importante mencionar que este proceso se realiza de forma continua mientras se mide la señal, permitiendo una visualización en tiempo real de los datos y su evaluación en la gráfica.

Figura 5. Tabla de Rangos límites de cada bioseñal

Señal	Bandera amarilla		Bandera naranja		Bandera roja	
	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior
Temperatura	37.5	38	38.1	39	39.1	En adelante
BPM	101	130	131	150	151	En adelante
Saturación O <sub>2</sub>	91	94	86	90	85	0
Flujo de aire	18	30	31	40	Para	1
GS R	0.20	0.50	0.51	0.60	0.61	Para arriba
ECG	50	90	91	120	121	En adelante

**3.2 Dockerización:** Se usa la arquitectura orientada a servicios y una de las mejores formas para hacer es por medio de contenedores, en específico la contenerización por medio de Docker. El cual nos permite empaquetar, distribuir y ejecutar aplicaciones de manera eficiente y reproducible en diferentes entornos. Proporciona una capa de abstracción que permite encapsular una aplicación y todas sus dependencias en un contenedor ligero y portátil [58]. Como se mostró en la Figura 2 se realiza una red de contenedores en el servidor. Aquí lo que se busca principalmente es que la base de datos y el servidor back-end estén conectados en una red interna de Docker, para que así puedan comunicarse más fácilmente. La parte del front-end también se encuentra en contenedor, lo cual permite desplegarla con mayor facilidad y tener una mejor optimización del sistema.

Finalmente, se obtuvo el siguiente dashboard de la Figura 4, como se puede observar aquí se tienen las 6 señales propuestas, cada una se representa en tiempo real por medio de websocket. Así mismo también se le puede definir el tiempo de muestreo que se requiera para las 3 primeras señales. Este proceso no se realiza con la 3 últimas ya que necesitan monitoreo constante y un cambio en su tiempo de muestro puede perjudicar la visualización de estas.

Figura 6. Dashboard para staff médico



## Conclusiones

Esta es una muestra más que la telemedicina está en constante crecimiento. En cuanto a la plataforma, el éxito se logró gracias al uso de websockets, que permitieron crear un canal bidireccional y facilitaron esta tarea, optimizando los procesos. Además, se logró la adquisición de estas señales a través de un dispositivo apropiado que nos permitió adquirir los bioseñales propuestos.

Además, se agregaron otras funcionalidades, como la capacidad de elegir usuario y también almacenar los datos de estos y de las señales con la optimización del almacenamiento de las señales, así como en el refuerzo en la seguridad digital de los datos.

## Referencias

1. Who Coronavirus (COVID-19) Dashboard | Who Coronavirus (COVID-19) Dashboard With Vaccination Data. (2023) Disponible en: <https://covid19.who.int/> (acceso May 06, 2023).
2. Personería de Bogotá, Personería de Bogotá - Guardianes de tus Derechos (2021). La demanda de camas UCI Covid supera el 100% de disponibilidad: Personería Distrital. Disponible en: <https://www.personeriabogota.gov.co/sala-de-prensa/notas-de>

- prensa/item/815-la-demanda-de-camas-uci-covid-supera-el-100-de-disponibilidad-personeria-distrital (acceso nov. 05, 2022).
3. Durante la pandemia se consolidó la telemedicina en el país. (2000) Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Durante-la-pandemia-se-consolido-la-telemedicina-en-el-pais.aspx> (acceso May 06, 2023).
  4. ¿Qué es IoT? - Explicación del Internet de las cosas - AWS. (2023) Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/> (acceso May 09, 2023).
  5. Sujin, J.S, Gandhiraj, N, Selvakumar, D and Satheesh Kumar, S. (2019). Public E-Health Network System Using Arduino Controller J Comput Theor Nanosci, vol. 16, no. 2, pp. 544–549. Disponible en: doi: 10.1166/JCTN.2019.7766.
  6. Puente, S, T, Úbeda, A and Torres, A (2017). E-Health: Biomedical instrumentation with Arduino, IFAC-PapersOnLine, vol. 50, no. 1, pp. 9156–9161. Disponible en: doi: 10.1016/J.IFACOL.2017.08.1724.
  7. Fagroud, F, Z, Toumi, H, Ben Lahmar, E, H, Talhaoui, M, A, Achtaich, K and El Filali, S. (2021) Impact of IoT devices in E-Health: A Review on IoT in the context of COVID-19 and its variants, Procedia Comput Sci, vol. 191, pp. 343–348, Disponible en: doi: 10.1016/J.PROCS.2021.07.046.
  8. Pintavirooj, C, Keatsamarn, T and Treebupachatsakul, T. (2021) Multi-Parameter Vital Sign Telemedicine System Using Web Socket for COVID-19 Pandemics, Healthcare 2021, Vol. 9, Page 285, vol. 9, no. 3, p. 285, Disponible en: doi: 10.3390/HEALTHCARE9030285.
  9. Introduction What Socket.IO. is. (2023) Disponible en: <https://socket.io/docs/v3> (acceso May 09, 2023).
  10. Vidal-Alaball, J et al. (2020). Telemedicine in the face of the COVID-19 pandemic, Aten Primaria, vol. 52, no. 6, pp. 418–422. Disponible en: doi: 10.1016/J.APRIM.2020.04.003.
  11. Nittari, G, Savva, D, Tomassoni, D, Tayebati, S, K and Amenta, F. (2022). Telemedicine in the COVID-19 Era: A Narrative Review Based on Current Evidence, International Journal of Environmental Research and Public Health 2022, Vol. 19, Page 5101, vol. 19, no. 9, p. 5101. Disponible en: doi: 10.3390/IJERPH19095101.
  12. The American Journal of Managed Care © (2023) Telemedicine Catches On, Acceso: May 11, 2023. [Online]. Disponible en: [www.ajmc.com](http://www.ajmc.com)
  13. Aronson, J, K. (2023). When I use a Word...information, BMJ, vol. 380, p. p465. Disponible en: doi: 10.1136/BMJ.P465.
  14. Guizzo, E, M. (2023) The essential message: Claude Shannon and the making of information theory, Acceso: May 11, 2023. Disponible en: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/39429>
  15. Theis, F and Meyer-Bäse, A. (2010). Biomedical Signal Analysis: Contemporary Methods and Applications. Disponible en: doi: 10.7551/MITPRESS/7558.001.0001.
  16. Semmlow, J, L and Griffel, B. (2021). Biosignal and Medical Image Processing, Biosignal and Medical Image Processing. Disponible en: doi: 10.1201/B16584.
  17. Rangaraj M. Rangayyan. (2001). Biomedical Signal Analysis. Wiley-IEEE-Press.
  18. Abrahamsson, P, Salo, O, Ronkainen, J and Warsta, J. (2017). Agile Software Development Methods: Review and Analysis, VTT Publications, no. 478, pp. 3–107, Acceso: May 12, 2023. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1709.08439v1>
  19. Sutherland, J, (2023). Agile Development: Lessons Learned from the First Scrum. Acceso: May 12, 2023. Disponible en: [https://www.academia.edu/34773024/Agile\\_Development\\_Lessons\\_Learned\\_from\\_the\\_First\\_Scrum](https://www.academia.edu/34773024/Agile_Development_Lessons_Learned_from_the_First_Scrum)
  20. Rademacher, F, Sachweh, S and Zundorf, A, (2017). Differences between model-driven development of service-oriented and microservice architecture, Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops, ICSAW
-



- 2017: Side Track Proceedings, pp. 38–45, Disponible en: doi: 10.1109/ICSAW.2017.32.
21. Raymond, E. (2002). The Cathedral and the Bazaar Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary. open source | social movement | Britannica. Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/open-source> (acceso nov. 11, 2022).
  22. Crowston, K, Wei, K, Howison, J and Wiggins, A. (2008) “Free/Libre Open-Source Software Development: What We Know and What We Do Not Know,” ACM Comput. Surv., vol. 44, no. 2. Disponible en: doi: 10.1145/2089125.2089127.
  23. Kelly, S and Kumar, K. (2022) Networking Concepts, Unity Networking Fundamentals, pp. 1–29. Disponible en: doi: 10.1007/978-1-4842-7358-6\_1.
  24. Mishra, S, K and Sarkar, A. (2022) Service-oriented architecture for Internet of Things: A semantic approach, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, vol. 34, no. 10, pp. 8765–8776. Disponible en: doi: 10.1016/J.JKSUCI.2021.09.024.
  25. Raj, A and Shetty, S, D. (2021) IoT Eco-System, Layered Architectures, Security and Advancing Technologies: A Comprehensive Survey, Wireless Personal Communications, 122:2, vol. 122, no. 2, pp. 1481–1517. Disponible en: doi: 10.1007/S11277-021-08958-3.
  26. Shaikh, A, Al Reshan, M, S, Sulaiman, A, Alshahrani, H and Asiri, Y. (2022) Secure Telemedicine System Design for COVID-19 Patients Treatment Using Service Oriented Architecture, Sensors, Vol. 22, Page 952, vol. 22, no. 3, p. 952. Disponible en: doi: 10.3390/S22030952.
  27. Parale, S (2023) Comparison of Linux and Windows, Disponible en: [www.irjmets.com](http://www.irjmets.com) Accessed: May 12, 2023.
  28. Martin, J. (2019) What is Linux and what’s it doing in the digital humanities?, in Doing More Digital Humanities: Open Approaches to Creation, Growth and Development. Disponible en: doi: 10.4324/9780429353048-8.
  29. Heller, M. (2020). What\_is\_Node.js?\_The JavaScript runtime explained. InfoWorld. Disponible en: [https://courses.cs.duke.edu/compsci290/spring21/readings/What\\_is\\_Node.js\\_InfoWorld.pdf](https://courses.cs.duke.edu/compsci290/spring21/readings/What_is_Node.js_InfoWorld.pdf)
  30. Tilkov, S and Vinoski, S. (2010) Node.js: Using JavaScript to build high-performance network programs, IEEE Internet Comput, vol. 14, no. 6, pp. 80–83. Disponible en: doi: 10.1109/MIC.2010.145.
  31. Express.js. (2022). Disponible en: <https://devopedia.org/express-js> (accessed May 12, 2023).
  32. Azat Mardan, (2016). Express.js Guide. Disponible en: <http://leanpub.com/express>
  33. Fette, I and Melnikov, A. (2011). The WebSocket Protocol. Disponible en: doi: 10.17487/RFC6455.
  34. Pimentel, V and Nickerson, B, G. (2012) Communicating and displaying real-time data with WebSocket, IEEE Internet Comput, vol. 16, no. 4, pp. 45–53. Disponible en: doi: 10.1109/MIC.2012.64.
  35. Srinivasan, L, Scharnagl, J and Schilling, K. (2013). Analysis of WebSockets as the New Age Protocol for Remote Robot Tele-operation, IFAC Proceedings Volumes, vol. 46, no. 29, pp. 83–88. Disponible en: doi: 10.3182/20131111-3-KR-2043.00032.
  36. Berners-Lee, T, Fielding, R and Frystyk, H. (1996) Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0. Disponible en: doi: 10.17487/RFC1945.
  37. Yokotani, T and Sasaki, Y. (2016) Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT, ICCEREC 2016 - International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy, and Communications 2016, Conference Proceedings, pp. 1–6. Disponible en: doi: 10.1109/ICCEREC.2016.7814989.

38. Noskov, A and Zipf, A. (2018). Backend and frontend strategies for deployment of WebGIS services. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/12.2322831>, vol. 10773, pp. 158–167. doi: 10.1117/12.2322831.
39. Rajabov, S, B. (2023). The role of backend and frontend information systems infrastructure, *Sci Educ (Dordr)*, vol. 4, no. 3, pp. 212–216, Accessed: May 12, 2023. Disponible en: <https://openscience.uz/index.php/sciedu/article/view/5338>
40. Gackenheim, C. (2015). What Is React?, Introduction to React, pp. 1–20, 2015. Disponible en: doi: 10.1007/978-1-4842-1245-5\_1.
41. Rawat, P and Mahajan, N, A. (2020). ReactJS: A Modern Web Development Framework, 2020. Disponible en: [www.ijisrt.com](http://www.ijisrt.com)
42. Saif, S, Saha, R and Biswas, B. (2022). On Development of MySignals based prototype for application in health vitals monitoring *Wirel Pers Commun*, vol. 122, no. 2, pp. 1599–1616. Disponible en: doi: 10.1007/s11277-021-08963-6.
43. Almarashdeh et al. (2019). Real-Time Elderly Healthcare Monitoring Expert System Using Wireless Sensor Network. Disponible en: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=pmUtl30AAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation\\_for\\_view=pmUtl30AAAAJ:hMod-77fHWUC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=pmUtl30AAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=pmUtl30AAAAJ:hMod-77fHWUC)
44. Caballero, R, Piñeres, G and COMAS, Z. (2019). Prototipo de sistema E-Health, utilizando la plataforma Mysignals HW 2.0. Tesis de Grado. Universidad de la Costa.
45. Gopal Ram, K and Harisha, H. (2021). Healthcare System using LoRa and Mysignals based Communication Technology,” *Irish Interdisciplinary Journal of Science & Research (IIJSR)*, vol. 5, no. 2, pp. 7–13. Disponible en: [www.ijisr.com](http://www.ijisr.com)
46. Misbahuddin, S, Zubairi, J, A, Alahdal, A, R and Malik, M, A. (2018) IoT-Based Ambulatory Vital Signs Data Transfer System, *Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 2018 Disponible en: doi: 10.1155/2018/4071474.
47. Campos, A, Sánchez, D and Ramírez, L. (2021). Crossed analysis of three-variable for early pre-diagnosis of COVID-19. Disponible en: doi: 10.1109/CSCI54926.2021.00357
48. Salamanca, S. ( Módulo sensor para la detección de caídas en personas de la tercera edad. Universidad Militar Nueva Granada.
49. Garzón-Hernández, E and Ramírez-López, L. Sistema de atención domiciliaria para pacientes con enfermedades cardiovasculares y respiratorias usando la tecnología IOT. I. Aplicación del Internet de las Cosas para el monitoreo cardiaco y respiratorio de pacientes.
50. Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. (2001) Disponible en: <https://agilemanifesto.org/iso/es/manifiesto.html> (accessed May 11, 2023).
51. Schwaber, K and Sutherland, J. (2011) The Scrum Guide™ The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. Disponible en: [https://www.academia.edu/21824036/The\\_Scrum\\_Guide\\_The\\_Definitive\\_Guide\\_to\\_Scrum\\_The\\_Rules\\_of\\_the\\_Game](https://www.academia.edu/21824036/The_Scrum_Guide_The_Definitive_Guide_to_Scrum_The_Rules_of_the_Game)
52. Montilva, J and Barrios, J. (2021) Ingeniería del Software Un enfoque basado en procesos, p. 259, Acceso: May 11, 2023. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/368778144\\_Ingenieria\\_del\\_Software\\_Un\\_enfoque\\_basado\\_en\\_procesos\\_-\\_Capitulos\\_1\\_y\\_2](https://www.researchgate.net/publication/368778144_Ingenieria_del_Software_Un_enfoque_basado_en_procesos_-_Capitulos_1_y_2)
53. Łasocha, W and Badurowicz, M. (2021) Comparison of WebSocket and HTTP protocol performance, *Journal of Computer Sciences Institute*, vol. 19, pp. 67–74. Disponible en: doi: 10.35784/JCSI.2452.
54. Srinivasan, L, Scharnagl, J and Schilling, K. (2013) Analysis of WebSockets as the New Age Protocol for Remote Robot Tele-operation, *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, no. 29, pp. 83–88. Disponible en: doi: 10.3182/20131111-3-KR-2043.00032.

55. Friendly, F, Sembiring, A, Faza, S and Luckyhasnita, A. (2022) Speed Comparison OF Websocket And HTTP In IOT Data Communication INFOKUM, vol. 10, no. 5, pp. 46–51. Disponible en: <http://seaninstitute.org/infor/index.php/infokum/article/view/852> Accessed: May 11, 2023.
56. Bayılmış, C, Ebleme, M, Çavuşoğlu, U, Küçük, K and Sevin, A. (2022) A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things, Digital Communications and Networks, vol. 8, no. 6, pp. 1094–1104. Disponible en: doi: 10.1016/J.DCAN.2022.03.013.
57. Docker: Accelerated, Containerized Application Development. Disponible en: <https://www.docker.com/> (acceso May 14, 2023).

# Seguridad Cibernética para Sistemas de Seguridad Industrial

## Cyber Security for Industrial Security Systems

Ing. Hadrian Clark Rodríguez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Manager, Latam Airlines Group, [www.latam.com](http://www.latam.com)

**Resumen:** El presente trabajo presenta algunas reflexiones relacionadas con un tema muy de actualidad, que ha ido creciendo rápidamente en los últimos años, que afecta tanto a las grandes como pequeñas empresas industriales y a los organismos gubernamentales, fuerzas armadas y de seguridad de todo el mundo. La seguridad en los sistemas de Tecnologías Operativas que hoy están siendo vulneradas, creando problemas importantes en las operaciones de las empresas y en la seguridad de los estados. Las Tecnologías Operativas se usan en diversas industrias como la aviación, generación y distribución eléctrica, servicios de suministro de agua potable, el petróleo y gas, empresas manufactureras, medios de transportes terrestres y marítimo, medios de comunicación, laboratorios de investigación avanzada, servicios públicos y privados, servicios de emergencia sanitaria, control de tráfico vehicular, etc., significando que el impacto que se produce al vulnerar la seguridad de estas actividades, especialmente aquellas críticas que pueden afectar la calidad de vida de las personas, provocando pérdidas de vidas, es muy grande como también el daño producido que genera costos y tiempos importantes para recuperar los sistemas.

*Palabras claves: seguridad, cibernética, tecnología, control*

**Abstract:** This paper presents some reflections related to a very current topic, which has been growing rapidly in recent years, affecting both large and small industrial companies and government agencies, armed forces and security forces around the world. The security of Operational Technology systems is currently being violated, creating major problems in business operations and in the security of states. Operational Technologies are used in various industries such as aviation, power generation and distribution, drinking water supply services, oil and gas, manufacturing companies, land and maritime transport, media, advanced research laboratories, public and private services, health emergency services, vehicular traffic control, etc., meaning that the impact produced by violating the security of these activities, especially those critical ones that can affect the quality of life of people, causing loss of life, is very large as well as the damage produced that generates significant costs and time to recover the systems.

*Keyword: security, cyber, technology, control*

## **1 Introducción**

La tecnología operativa (OT) abarca los sistemas informáticos y de control que supervisan y gestionan las operaciones físicas de infraestructuras críticas, como plantas de energía, sistemas de transporte, instalaciones de agua y redes de distribución de gas, electricidad, sistemas de armamentos, etc. A medida que estas infraestructuras se vuelven más interconectadas y automatizadas, la ciberseguridad en el ámbito de la OT se convierte en una preocupación cada vez más apremiante, considerando que la ciberseguridad es la protección de la información digital contenida en los equipos, dispositivos y activos.

Los Sistemas de Control Industrial (ICS) interactúan con el mundo físico, que se compone de controladores (PLC), unidades de supervisión (SCADA) y computadoras conectadas por una red, componentes altamente vulnerables, ya que no funcionan de fábrica en ellos los firewalls o antivirus como en el mundo IT. En la actualidad, cuando hay una violación de la seguridad de IT, expertos en seguridad cibernética intervienen y pasan semanas para investigar y recopilar información histórica a fin de encontrar la causa raíz. Pero en el mundo OT una orden de reconfiguración enviado a un PLC fuera de un tiempo de mantenimiento o un nuevo protocolo utilizado entre dos dispositivos, por nombrar unas pocas ocurrencias posibles, estos no serán detectados como eventos anormales.

Los ataques cibernéticos a sistemas OT pueden provocar daños físicos a la infraestructura tanto pública como privada, como el sobrecalentamiento de equipos, la manipulación de válvulas o la alteración de procesos industriales. Estos daños pueden resultar costosos de reparar, tanto en lo monetario como en el tiempo que pueden demorar y ponen en peligro la seguridad de las personas, causando interrupciones masivas en los servicios esenciales, como la electricidad, el agua, el gas o el transporte, afectando a las personas en casas, escuelas, hospitales, empresas, etc. Estas interrupciones de estos servicios pueden tener un impacto muy significativo en la sociedad, en la economía y en la seguridad nacional.

## **2 Factores contribuyentes**

La industria 4.0: La cual marcó un antes y un después en temas de ciberseguridad, tanto para las empresas estratégicas del Estado, como para las áreas de la Defensa, Gubernamentales y todas las que son principalmente las consideradas infraestructuras críticas. Hoy, la Ciberseguridad Industrial no es más una opción, es imperativa y mandataria, ya que los daños producidos resultarían irreparables, no tan solo daños físicos en las instalaciones o en la pérdida de los servicios básicos en caso de la infraestructura crítica, sino también por la pérdida de la confianza y la seguridad.

La revolución Industrial 4.0 exige la conexión a Internet de los computadores que conforman la OT (llamado también el Internet de las Cosas Industriales o IIoT), donde la proliferación de dispositivos conectados en entornos industriales aumenta la complejidad de la seguridad en OT. Los dispositivos IIoT ofrecen ventajas en términos

de monitorización y eficiencia, pero también introducen riesgos de seguridad, especialmente si no se implementan medidas adecuadas de protección.

### **3 La amenaza puede ser multifactorial: La guerra asimétrica, el sabotaje, el espionaje Industrial, entre otros.**

Los adversarios cibernéticos pueden buscar acceder a sistemas OT para realizar espionaje industrial, robar información confidencial, robar dinero o sabotear operaciones. Estas actividades ilícitas pueden socavar la competitividad de las empresas y comprometer la integridad de las operaciones industriales.

Sin embargo, uno de los factores más preocupantes a nivel país es sin duda la amenaza de un ataque bajo la justificación de la guerra Irrestricta o Asimétrica, concepto desarrollado en el año 1999 por los coroneles del ejército de la República Popular de China, Qiao Liang y Wang Xiangsui [1], quienes introdujeron esta nueva visión en toda la esfera mundial, planteando que los conflictos se resolverán “usando todos los métodos, incluyendo fuerzas armadas o fuerzas no armadas, militares y no militares, letales y no letales, para imponer al enemigo aceptar sus propios intereses”. En resumen, se amplía el concepto de la guerra a partir de las nuevas posibilidades de ejercer la violencia, las que no se limitan sólo a las operaciones militares, por tanto, la diversidad de medios que hoy se pueden utilizar en la agresión a la seguridad de una nación incluye los ataques cibernéticos a la infraestructura crítica.

Algunas malas experiencias a nivel global: El caso Stuxnet, un gusano informático supuestamente creado por Estados Unidos e Israel, introducido mediante un pendrive, para atacar las instalaciones de enriquecimiento de uranio de Irán ha proporcionado pruebas de que penetrar en un sistema cerrado de control fue, sin duda, manejable. Más recientemente, el malware de la Libélula, muy similar en efectos al Stuxnet, permitió a los hackers tomar el control de sistemas industriales en Europa, poniendo en riesgo a las instalaciones energéticas, plantas nucleares y la infraestructura crítica tanto en E.E.U.U. y Europa. Otro caso importante ocurrió a finales de 2014, en una fundición de acero alemana que fue el blanco de un ataque cibernético, cuando los hackers tuvieron éxito y tomaron el control total del software de producción, causaron importantes daños materiales en el sitio.

### **4 Vulnerabilidades Heredadas**

Muchas infraestructuras críticas utilizan sistemas OT heredados que pueden carecer de las medidas de seguridad necesarias para hacer frente a las amenazas cibernéticas modernas. Las empresas que incluyen infraestructura crítica en general van creciendo, mejorando, actualizándose, pero siempre sobre proyectos ya instalados, donde la gestión de estas vulnerabilidades representa un desafío constante para garantizar la protección de las infraestructuras críticas, ya que poseen más de algún equipo con menor protección para ataques cibernéticos, que lo hará más vulnerable.

## **5 ¿Que se requiere para una solución eficaz? Conciencia situacional + Gestión de anomalías + Seguridad**

Controlar los sistemas en todo momento es el primer paso para implementar una protección eficaz. Detección de Anomalías y Gestión de Seguridad son dos campos en los cuales se trabaja a nivel mundial, aunque hay países que presentan un escaso desarrollo de estos sistemas, como el nuestro.

El sistema de protección debe cumplir con a lo menos:

1. Generar un inventario de todos los dispositivos.
2. Desarrollar un mapa visual de la red.
3. Verificar las vulnerabilidades del software
4. Que implique impacto Cero, con sensores totalmente pasivos y un diseño de Hardware que permita el llamado “Efecto Diodo”. Esto último por la condición de infraestructura crítica y los protocolos de seguridad.
5. Tener un poderoso detector de anomalías que registre:
6. Conexiones inescrupulosas/comportamiento anormal del sistema/contraseñas débiles.
7. Finalmente, se lleve un registro de cambios completo; se estima que un ataque cibernético podría tomar entre 3 a 6 meses después de haber ingresado al sistema interno.

## **6 Desafíos futuros: “Cerrar la brecha entre OT & IT”**

Aunque comparten tecnologías similares, hacer converger OT & IT es un desafío importante y un factor clave de éxito para lograr una protección eficaz. Al proporcionar un lenguaje común y ayudando a compartir la misma percepción del riesgo, ambos mundos pueden converger fácilmente. Este enfoque innovador entre tecnologías operativas (OT) y las tecnologías de la información (IT) disminuyen considerablemente esta brecha, aunque algunos expertos insisten en que la creciente integración de sistemas de tecnología de la información (IT) y tecnología operativa (OT) ha ampliado la superficie de ataque cibernético. Esta convergencia facilita la gestión centralizada, pero también introduce nuevas vulnerabilidades y desafíos de seguridad.

La aplicación de inteligencia artificial (IA) y el análisis avanzado de datos en entornos OT proporciona beneficios en términos de optimización y toma de decisiones. Sin embargo, la seguridad de estos sistemas es crucial, ya que la manipulación de datos o el sabotaje pueden tener consecuencias catastróficas en infraestructuras críticas.

## **7 Algunos avances en Chile**

**7.1 Leyes y normativas: Publicación de leyes/ Creación de Ministerio/ otros**  
Ley N°21.663, Marco De Ciberseguridad [2]. Esta ley tiene por objeto regular la normativa general aplicable a las acciones de ciberseguridad de los organismos del Estado, ya sea entre ellos o con entidades privadas. Fue promulgada el 26-mar-2024 y publicada el 08-abr-2024

Ley N°21.459, Establece Normas Sobre Delitos Informáticos y sus sanciones [3]. Actualiza la normativa nacional para adecuarlas al Convenio de Budapest del 2004 [4],

y facilitar la persecución de los delitos informáticos a través de las fronteras internacionales. Fue promulgada el 09-jun-2022 y publicada el 20-jun-2022.

Decreto 83. Promulga el Convenio sobre Ciberdelincuencia, promulgado el 28 de agosto del 2017. [5]

### **7.2 Entidades relacionadas:**

La Agencia Nacional de Ciberseguridad (ANCI), creada en marzo del 2024, organismo rector de la ciberseguridad en Chile, encargado de regular, fiscalizar y sancionar a todos los organismos públicos y privados que presten servicios esenciales.

El Consejo Multisectorial, mientras que se mantiene el Comité Interministerial de Ciberseguridad

La Red de Conectividad Segura del Estado

El Equipo Nacional de Respuesta ante Incidentes de Seguridad Informática Nacional (CSIRT) y el mismo organismo para la Defensa Nacional, que son los organismos estatales encargados de coordinar la respuesta a incidente de ciberseguridad de efecto significativo en el país y apoyar técnicamente a los organismos del Estado en los incidentes que afecten su capacidad de operación.

### **7.3 Desarrollos:**

Se ha iniciado un trabajo en conjunto con la USACH, Departamento de Tecnologías Industriales, preparando personas en este ámbito mediante el Diplomado en Ciberseguridad de Redes, que se efectúa todos los años; con la Facultad de Ingeniería de la USACH que está preparando una segunda versión del CYBERSEC CHILE 2024 [6], con la Universidad de Lyon y con SENTRYO, empresa francesa perteneciente a CISCO, especialista en IIoT.

En la fotografía se aprecia a un estudiante de la Facultad Tecnológica de la USACH en una presentación en el Seminario Scada Security Summit.





## Conclusiones

Chile no tiene, a nivel país, un desarrollo en este ámbito, los Estados Unidos y los países europeos nos llevan mucha ventaja, en estos países ya trabajan con un I-SOC, integrando ambos mundos el IT y el OT; los antivirus, los cortafuegos y otras herramientas o programas similares son solamente medidas de prevención muy limitadas para operaciones específicas, pero no para la protección industrial ni menos a la gestión total de la seguridad tanto pública como privada. En Chile no se tiene experiencia en Ciber Ataques Industriales, por lo menos es lo que se piensa, porque no hay herramientas ni antecedentes que lo confirmen, la frase que más se ocupa hoy para sensibilizar a los gobiernos es “Ya no es cuestión de si sucederá... la cuestión es ¿Cuándo sucederá?”

La ciberseguridad en tecnología operativa es un aspecto fundamental para garantizar la resiliencia y la seguridad de las infraestructuras críticas de un país. Las tendencias emergentes, como la convergencia IT/OT y la adopción de IIoT y IA, presentan oportunidades y desafíos en materia de seguridad. Es crucial que las organizaciones, tanto públicas como privadas, que gestionan infraestructuras críticas implementen medidas de seguridad robustas y estén eficientemente preparadas para hacer frente a los riesgos cibernéticos en constante evolución para proteger mejor los activos y dispositivos a escala.

## Referencias

- [1] Liang, Qiao y Xiangsui, Wang (1999). La guerra más allá de los límites. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1106936>
- [2] Ley 21.663 (2024). Recuperado de <https://ciberseguridad.gob.cl/noticias/ley-marco-de-ciberseguridad-es-publicada-en-el-diario-oficial/>
- [3] Ley 21.459 (2022). Recuperado de <https://ciberseguridad.gob.cl/noticias/nueva-ley-de-delitos-informaticos-entro-en-vigor/>
- [4] Convenio de Budapest (2047). Recuperado de <https://www.derechosdigitales.org/18451/convenio-de-budapest-sobre-la-ciberdelincuencia-en-america-latina/>
- [5] Decreto 83. (2017). Promulga Convenio sobre la Ciberdelincuencia. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1106936>
- [6] Congreso Cybersec 2024. (2024) Recuperado de: <https://fing.usach.cl/es/congreso-cybersec>