

Universidad de Oriente

Sede “Julio Antonio Mella”

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones, Informática y Biomédica

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero en Informática

Título: "Sistema Informático para la Gestión del Cálculo del Transporte de Sedimentos en Costas Sur-Orientales"

Autor: Dariel Enmanuel Cabrera López

Tutor: Dr.C Dionis López Ramos

Santiago de Cuba, 2025

Índice

[Resumen 5](#_Toc176513906)

[Introducción 6](#_Toc176513907)

[Capítulo 1 Marco Teórico Conceptual 8](#_Toc176513908)

[1.1 Estado del Arte 8](#_Toc176513909)

[Ámbito Internacional 8](#_Toc176513910)

[1.2.2 Ámbito Nacional 10](#_Toc176513911)

[1.2 Gestión 10](#_Toc176513912)

[1.3 Sistema de Gestión 10](#_Toc176513913)

[1.4 Servicios Web 10](#_Toc176513914)

[1.5 Arquitectura de Microservicios 11](#_Toc176513915)

[1.6 Pruebas de Software 11](#_Toc176513916)

[1.7 Herramientas y tecnologías utilizadas en el desarrollo del sistema 11](#_Toc176513917)

[1.7.1 Visual Studio Code 12](#_Toc176513918)

[1.7.2 Visual Paradigm 12](#_Toc176513919)

[1.7.3 Git 12](#_Toc176513920)

[1.7.4 Postman 12](#_Toc176513921)

[1.7.5 Mongo Compass 13](#_Toc176513922)

[1.7.6 Node .JS 13](#_Toc176513923)

[1.8 Lenguajes a emplear en el desarrollo del sistema 13](#_Toc176513924)

[1.8.1 React 13](#_Toc176513925)

[1.8.2 HTML 13](#_Toc176513926)

[1.8.3 CSS 13](#_Toc176513927)

[1.8.4 Javascript 14](#_Toc176513928)

[1.8.5 Mongo DB 14](#_Toc176513929)

[1.9 Arquitectura Cliente-Servidor 14](#_Toc176513930)

[1.10 Metodologías de Desarrollo Programación Extrema (XP) 14](#_Toc176513931)

[Capítulo 2. Planificación y Diseño 16](#_Toc176513932)

[2.1. Descripción del proceso de cálculo del transporte de sedimentos 16](#_Toc176513933)

[2.1: Actores del Sistema 17](#_Toc176513934)

[2.2: Funcionalidades del Sistema 17](#_Toc176513935)

[2.5.1 Requisitos Funcionales: 18](#_Toc176513942)

[2.5.2 Requisitos No Funcionales: 19](#_Toc176513943)

[2.6 Historias de Usuarios: 19](#_Toc176513944)

[Referencias Bibliográficas 25](#_Toc176513945)

# Resumen

Las costas sur-orientales de Cuba son recursos valiosos para el desarrollo económico y ecológico. Estas zonas costeras albergan ecosistemas diversos, importantes para la biodiversidad y el turismo, además de ser fundamentales para la economía local, incluyendo la pesca y actividades marítimas. Sin embargo, el aumento del nivel del mar y otros efectos del cambio climático están provocando un deterioro progresivo de estas áreas, afectando tanto el medio ambiente como las comunidades que dependen de ellas.

Este trabajo propone el desarrollo de un sistema de gestión que facilite la recopilación y análisis de datos sobre las costas sur-orientales, ayudando a las autoridades en la toma de decisiones para la protección y conservación de las mismas. El sistema se desarrollará utilizando la metodología XP (Programación Extrema) y herramientas como React para el frontend, MongoDB como base de datos y Visual Studio Code como entorno de desarrollo.

**Palabras claves:** costas sur-orientales, cambio climático, sistema de gestión.

**Summary**

The southeastern coasts of Cuba are valuable resources for economic and ecological development. These coastal areas are home to diverse ecosystems, important for biodiversity and tourism, as well as being fundamental for the local economy, including fishing and maritime activities. However, rising sea levels and other effects of climate change are causing a progressive deterioration of these areas, affecting both the environment and the communities that depend on them.

This work proposes the development of a management system that facilitates the collection and analysis of data on the southeastern coasts, helping authorities in decision-making for their protection and conservation. The system will be developed using the XP (Extreme Programming) methodology and tools such as React for the frontend, MongoDB as a database and Visual Studio Code as a development environment.

**Keywords**: southeastern coasts, climate change, management system.

# Introducción

El cambio climático ha sido causado por las actividades antrópicas que durante cientos de años se han desarrollado a nivel mundial, estas han ocasionado un impacto negativo y considerable como el aumento de la temperatura de la Tierra relacionado directamente con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por las actividades productivas, sistemas de transporte con uso de combustibles fósiles, inadecuada gestión de residuos sólidos y en general, por el uso desmesurado de recursos naturales y pocas prácticas de sostenibilidad ambiental. (Medina, s. f.)

Este es una amenaza real para las costas de todo el mundo. El aumento del nivel del mar, la erosión costera y la acidificación de los océanos son algunos de los efectos más graves del cambio climático en las costas

En Cuba la erosión costera es un problema grave. Según en el Segundo Periodo Ordinario de Sesiones de la IX Legislatura de la Asamblea Nacional del 2018 se estimó que e**l** 85% de las playas arenosas cubanas presentan indicios de erosión: 23 con erosión intensa y 195 con erosión moderada (*Cubadebate*, s. f.-a). **De 505 playas, se han evaluado 247 y se ha comprobado que 208 (84.2 %) presentan indicios de erosión.** “Se ratifica que el ritmo de la erosión de las playas arenosas en el archipiélago cubano, que se estima en 1.2 metros de retroceso de la línea de la costa como promedio cada año”, así expuso la viceministra del CITMA Adianez Taboada Zamora, en la sesión de trabajo de la Comisión de Educación, Cultura, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de 2023 (*Cubadebate*, s. f.-b).

Para enfrentar estos efectos la isla aprobó en 2017 la Tarea Vida que es un plan del estado cubano para el enfrentamiento del cambio climático. En cuanto al deterioro de las costas, Tarea Vida tiene como objetivo detener el deterioro, rehabilitar y conservar los arrecifes de coral en todo el archipiélago, con prioridad en las crestas que bordean la plataforma insular y protegen playas urbanizadas de uso turístico. Además de esto el gobierno cubano aprobó el Decreto-Ley 77 de las Costas y su Reglamento, este posee elementos nuevos que ha aportado la ciencia así como el necesario reconocimiento a la protección de los asentamientos costeros, donde inciden factores de índole cultural.(*Nueva norma legal por la preservación de las costas cubanas - Juventud Rebelde - Diario de la juventud cubana*, s. f.)

Una de las empresas que está realizando aportes a la tarea Vida es la empresa [GEOCUBA es un grupo empresarial cubano que se dedica a la elaboración y comercialización de información, tecnologías, productos y servicios en las esferas de la Geodesia, la Fotogrametría, la Teledetección, la Hidrografía, los Estudios Marinos, la Cartografía, los Estudios Medioambientales, las Artes Gráficas y la Ayuda a la Navegación Marítima](https://www.ecured.cu/GEOCUBA" \t "_blank) (*GEOCUBA - EcuRed*, s. f.).

El cálculo transporte de sedimentos en las costas cubanas es la tarea que realizan los especialistas de la empresa GEOCUBA para investigar, predecir y monitorear el comportamiento de la línea costera y la erosión del mar en zonas de desarrollo de la economía y que no afecte el medio ambiente.

**Situación Problémica**

Los especialistas de la empresa GEOCUBA para el cálculo de transporte de sedimentos (e.d., la arena y otros recursos que se pierden en las playas por el aumento del nivel del mar) emplea una ecuación (CERC) y recoge datos de las mediciones de las costas a través de métodos tradicionales (e.d., escribiendo los datos en papel u otro recurso físico), los cuales pueden tener un deterioro en el tiempo, errores en los cálculos y morosidad en la búsqueda de información. Es importante poder guardar la información de una manera segura para su posterior consulta, calcular los datos con mayor precisión y buscar los datos con mayor rapidez.

**Hipótesis**

Si se implementa un sistema de gestión en la empresa GEOCUBA que garantice el control de la información asociada al cálculo del transporte de sedimentos en las costas cubanas de la región sur-oriental, entonces aumentaría la seguridad, organización y rapidez en el acceso a dicha información, mejorando los procesos de toma de decisiones y optimizando los recursos de la empresa.

**Objetivo General**

Desarrollar un sistema informático para la gestión de la información que permita calcular, editar y almacenar los datos para el cálculo del transporte de sedimentos en las costas cubanas.

**Objetivos Específicos**

* Determinar las bases teóricas-conceptuales y metodológicos referentes al cálculo del transporte de sedimentos en las costas cubanas.
* Desarrollar un sistema informático, que gestione la documentación relacionada con el cálculo del transporte de sedimentos en las costas cubanas en la empresa GEOCUBA (unidad de prueba escogida), para mejorar su control de forma eficiente y optimizar el servicio a sus usuarios.
* Diseñar e implementar una base de datos relacional que permita la persistencia de toda la información que se involucra en el cálculo del transporte de sedimentos en las costas cubanas.
* Diseñar e implementar varios servicios web, basándonos en una arquitectura de microservicios para permitir la consulta de la información por sistemas de terceros.

**Tareas de Investigación**

* Realizar un estudio del estado del arte sobre sistemas de gestión de información en el monitoreo de la erosión costera y el transporte de sedimentos.
* Entrevistar a los usuarios y especialistas que interactuarán con el sistema.
* Revisar las técnicas empleadas actualmente para el control de la información sobre el transporte de sedimentos.
* Realizar un estudio del marco de trabajo, herramientas y metodologías a emplear en el desarrollo del sistema.
* Describir a través de la Arquitectura del Sistema, Historias de Usuario, Diagramas de Clases y Diagramas de Flujo, el diseño del sistema.
* Diseñar la base de datos para la gestión de la información.
* Diseñar el sistema de gestión para almacenar la información relevante asociada al transporte de sedimentos.
* Implementar el sistema de gestión propuesto.
* Realizar las pruebas pertinentes para comprobar la efectividad y confiabilidad del sistema.

**Métodos de Investigación empleados**

Para realizar el trabajo fueron empleados los siguientes métodos de investigación:

* **Método histórico-lógico:** Este método se aplicó durante la revisión y análisis de la documentación y sistemas existentes relacionados con el cálculo y monitoreo del transporte de sedimentos en las costas cubanas, especialmente en la región sur-oriental, permitiéndonos contextualizar los antecedentes y la evolución del proceso, así como los enfoques utilizados hasta la fecha en la gestión de la información relacionada con la erosión costera.
* **Método análisis-síntesis:** Se empleó para desglosar y examinar el proceso actual de gestión de la información sobre el transporte de sedimentos en la empresa GEOCUBA. A partir de este análisis, se sintetizaron los elementos comunes y relevantes que permitieron la formulación de la propuesta de desarrollo del sistema, así como la identificación de las debilidades que afectan la eficiencia y fiabilidad de los métodos actuales.
* **Método inducción-deducción:** Se utilizó para analizar los principios generales sobre el transporte de sedimentos y la gestión de datos relacionados. Mediante un razonamiento lógico se llegó a conclusiones específicas sobre la necesidad de implementar un sistema informático que optimice y asegure la gestión de la información.
* **Método de observación:** Este método se empleó para observar el proceso actual de recolección y almacenamiento de datos en la empresa GEOCUBA. A través de la observación directa de los procedimientos utilizados por los especialistas en el cálculo del transporte de sedimentos, se identificaron áreas críticas de mejora y se validó la necesidad de una solución automatizada.

**Técnicas de Investigación empleadas**

* **Observación no participante:** Esta técnica nos permitió recoger información de manera directa sobre el proceso de gestión de los datos asociados al transporte de sedimentos, sin intervenir en las actividades cotidianas. La observación se centró en los métodos tradicionales empleados por los especialistas, identificando las deficiencias en términos de precisión y seguridad en el manejo de los datos.
* **Entrevista a expertos:** A través de entrevistas con los especialistas y responsables de la gestión de la información sobre el transporte de sedimentos en GEOCUBA se obtuvo información clave sobre los problemas y limitaciones actuales en los métodos tradicionales. Estas entrevistas nos permitieron conocer las necesidades específicas de los usuarios y las expectativas sobre el sistema propuesto, lo que facilitó el diseño de una solución adecuada a sus requerimientos.

**Aportes prácticos que brindará el sistema**

* Facilitará el acceso y consulta de la información:
* Mejorará la toma de decisiones por parte del personal asociado al centro, a través de reportes gráficos y representación visual de la información almacenada en el sistema.
* Posibilitará llevar un seguimiento detallado de las actividades de los usuarios.
* Permitirá la generación de salvas automáticas de la información almacenada.
* Facilitará opciones de impresión y conversión a documentos de la información registrada en el sistema.

**Estructura de la tesis**

El presente Trabajo de Diploma queda estructurado por una introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En el Capítulo 1 se abordan los conceptos clave relacionados con la gestión de la información vinculada al cálculo del transporte de sedimentos y la erosión costera. Se exponen las tecnologías y herramientas empleadas en el desarrollo del sistema, justificando en cada caso la elección de las mismas, así como la metodología empleada en el proceso de desarrollo del software. El Capítulo 2 ofrece una panorámica sobre los aspectos fundamentales del diseño del sistema propuesto, incluyendo los requisitos funcionales y no funcionales, las historias de usuario, el modelo de clases y los diagramas físicos de la base de datos. Se describe la arquitectura del sistema y cómo sus componentes interactúan para garantizar la eficiencia y seguridad en el almacenamiento y acceso de los datos. En el Capítulo 3 se describe la implementación del sistema, con énfasis en los componentes principales (código fuente, instrucciones y ejecutables). También se incluyen los resultados obtenidos durante la fase de pruebas y el análisis de costo del proyecto.

# Capítulo 1 Marco Teórico Conceptual

En este capítulo se explicanlos principales aspectos teóricos, los conceptos de las tecnologías y la caracterización de las herramientas computacionales utilizadas

## Estado del Arte

Para el desarrollo del sistema, se empleó el estudio del estado del arte, esto permitió buscar y analizar algunas soluciones con el objetivo de investigación tanto a nivel internacional como nacional, con el objetivo de obtener mayor conocimiento de estos.

### Ámbito Internacional

#### Delft3D [[1]](#footnote-1)

Delft3D es un sistema integrado de modelado numérico desarrollado por Deltares, una institución de investigación y consultoría con sede en los Países Bajos. Según (Meza Sandoval & Valverde Llanos, s. f.) Es un software de código abierto el cual permite realizar estudios de hidrodinámica, transporte de sedimentos, morfología y calidad de agua para ambientes fluviales, de estuarios y costeros.

Ventajas

* Se puede instalar en los sistemas operativos Windows, Linux y MAcOS.
* En cuanto a la seguridad es un software de código abierto, lo cual permite que se pueda modificar y adaptar las necesidades específicas del usuario
* Deltares proporciona soporte técnico y actualizaciones regulares para garantizar su funcionamiento; cuenta con una comunidad activa de usuarios
* Amplia Documentación
* Es una herramienta precisa y confiable para la predicción del sistema costero.

Desventajas

* Requiere un alto nivel de conocimiento y experiencia para usarla de manera efectiva.
* Tiene un carácter comercial por lo cual puede ser costosa para algunas organizaciones.
* Cuenta con servicio web pero no ofrece todas las funcionalidades que su versión de escritorio.

#### Mike 21 [[2]](#footnote-2)

Mike 21 es un software creado por la empresa DHI de Dinamarca (*MIKE 21/3 Sand Transport*, s. f.) , diseñado específicamente para **el modelado ambiental**. Simula diversos aspectos de los entornos acuáticos en dos dimensiones (2D). Según(Briones Montoya et al., 2020) se caracteriza por tener alta confiabilidad, calidad y versatilidad en la simulación de los modelos que se pueden generar, estos modelos en 2D nos permiten determinar la hidrodinámica, olas, dinámica de sedimentos, calidad de agua y ecología de un determinado sistema ya sea un río, estuario, marisma o una zona costera.

Ventajas

* MIKE 21 tiene buena precisión en la simulación del flujo del agua, para ello emplea una serie de ecuaciones física que representa con precisión de procesos físicos.
* Es compatible con los sistemas operativos Windows, macOs y Linux
* Tiene una interfaz gráfica de usuario que facilita su uso. Esto lo hace ideal para ingenieros y científicos que no son expertos en modelado hidrodinámico.

Desventajas

* Es un software costoso. Esto puede ser un obstáculo para su uso por parte de pequeñas empresas y organizaciones.
* Requiere un ordenador potente para funcionar correctamente.

#### XBeach [[3]](#footnote-3)

XBeach es un modelo bidimensional para la propagación de las olas, las ondas largas y el flujo medio, el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos de la zona cercana a la costa, las playas, las dunas y la barrera trasera durante las tormentas, Desarrollado por el  [Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos](https://www.usace.army.mil/), el [Rijkswaterstaat](https://www.rws.nl/" \t "_blank) y la [UE](https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm), con el apoyo de un consorcio de [UNESCO-IHE](https://www.unesco-ihe.org/), [Deltares](https://www.deltares.nl/), la [Universidad Tecnológica de Delft](https://www.tudelft.nl/) y la [Universidad de Miami](https://www.miami.edu/).(*Home - XBeach - Oss.Deltares.Nl*, s. f.).

Ventajas

* Es un software flexible que permite la simulación de una variedad de procesos físicos, incluyendo ecuaciones de agua superficial, flujo subterráneo, transporte de sedimentos, y más. Esto lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones costeras y fluviales.
* Ofrece múltiples modos de simulación, como estacionario, surf beat (no estacionario), y no hidrostático (resolución de olas), permitiendo adaptarse a diferentes escenarios y niveles de detalle.
* Incorpora la ecuación de advección-difusión para el transporte de sedimentos, junto con varios parámetros generales y formulaciones de transporte, lo que facilita la simulación de la erosión y deposición de sedimentos

Desventajas

* Debido a su amplio rango de funcionalidades, XBeach puede ser complejo de aprender y utilizar eficientemente, especialmente para usuarios nuevos o con experiencia limitada en modelado hidrológico y costero.
* Las simulaciones detalladas pueden requerir recursos computacionales significativos, lo que puede limitar su accesibilidad para algunos investigadores o estudios con presupuesto limitado.

### Ámbito Nacional

Cuba se han realizado varios estudios para el cálculo de los sedimentos para ello han empleado varios software internacionales ente ellos LITPAK en (Caiza Quinga,2019), sistema de modelado costero (SMC) a un tramo crítico en la playa Varadero en (Vidal Fernandez,2010), en (Hugues & López, 2010) no fue empleado ningún software, en (Córdova-López & Torres-Hugues, 2011) se uso UNIBEST para comparar los resultados de los modelos CERC, Kamphuis y Bijiker con los que nos entrega este software en un estudio de la península de Hicacos Matanzas

## Gestión

La gestión es un conjunto de procedimientos y acciones que se llevan a cabo para lograr un determinado objetivo. El objetivo de la gestión es alcanzar un objetivo optimizando al máximo posible los recursos disponibles. (Westreicher, 2020)

## Sistema de Gestión

Un sistema de gestión es un conjunto de procesos y herramientas diseñados para ayudar a una organización a alcanzar sus objetivos y metas de manera eficiente y efectiva (Sistema de Gestión, s. f.).También un **sistema de gestión** es una herramienta que permite controlar, planificar, organizar y, hasta cierto punto, automatizar las tareas de una empresa.(Ekon, 2021)

## Servicios Web

Según Jorge Ocampos los servicios web son aplicaciones que se comunican y comparten datos e información a través de la red, utilizando un conjunto de estándares y protocolos abiertos. Están diseñados para soportar la interacción máquina a máquina, facilitando la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos. Es decir, dos sistemas no necesitan conocerse para poder comunicarse mientras se acojan a las reglas de comunicación del estándar de servicio web usado. (*¿Qué son los Servicios Web (Web Services) ? – Jorge Ocampos*, s. f.)

## Arquitectura de Microservicios

Un microservicio es un conjunto de pequeños servicios que pueden ser desarrollados independientemente, desplegados ya sea en Centros de datos On-Premise o en la Computación en la Nube. Al ser desplegados en la computación en la nube existe la ventaja que pueden escalar de forma independiente, más rápida que en On-Premise. Un microservicio consiste en partir un sistema en pequeños componentes cooperantes, donde estos componentes interactúan unos con otros mediante interfaces. Cada microservicio al ser desarrollado y desplegado de forma independiente, puede ser creado en cualquier lenguaje de programación y cualquier plataforma. El desarrollo de pequeños componentes en microservicios hace que el desarrollo sea más ágil e independiente de la tecnología y lenguaje de programación (Velepucha et al., 2019)

## Pruebas de Software

Según Glenford J. Myers reconocido informático y autor de libros reconocidos de Testing, entre ellos The Art of Software Testing, nos dice en su frase:

“Las pruebas de software son el proceso de ejecutar un programa con la intención de encontrar errores” (Myers et al., 2011)

Las Pruebas o Testing de Software se trata básicamente del conjunto de actividades dentro del desarrollo de un software permitiendo así tener procesos, métodos de trabajo y herramientas para identificar oportunamente los defectos en el software, logrando la estabilidad del mismo. Siendo el único instrumento capaz de [precisar la calidad del software](https://www.fyccorp.com/articulo-pruebas-de-software), es decir, es el único procedimiento con el que se puede garantizar que un software cumple con los requerimientos solicitados por los usuarios. (*Pruebas de Software: Historia y Evolución*, s. f.)

## Herramientas y tecnologías utilizadas en el desarrollo del sistema

Las Herramientas,son [programas](https://www.ecured.cu/Programas), [aplicaciones](https://www.ecured.cu/Aplicaciones) o simplemente [instrucciones](https://www.ecured.cu/index.php?title=Instrucciones&action=edit&redlink=1) usadas para efectuar otras tareas de modo más sencillo. En un sentido amplio del término, podemos decir que una herramienta es cualquier programa o instrucción que facilita una tarea.(*Herramientas informáticas - EcuRed*, s. f.)

Para desarrollar este sistema se hizo necesario la utilización de algunas herramientas y tecnologías, las cuales se describen a continuación:

### Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es software libre y multiplataforma, está disponible para Windows, GNU/Linux y macOS. VS Code tiene una buena integración con Git, cuenta con soporte para depuración de código, y dispone de un sinnúmero de extensiones, que básicamente te da la posibilidad de escribir y ejecutar código en cualquier lenguaje de programación. (*Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece*, 2022)

Se escogió este EDI ya que es el más usado para desarrollar aplicaciones en cualquier lenguaje, es bastante completo, además de las extensiones que tienen que la ayudan mucho a la hora de codificar.

### Visual Paradigm

Visual Paradigm para UML es una herramienta para desarrollo de aplicaciones utilizando modelado UML ideal para ingenieros de software, analistas de sistemas y arquitectos de sistemas que están interesados en la construcción de sistemas a gran escala y necesitan confiabilidad y estabilidad en el desarrollo orientado a objetos (De Arma-Hernández & Sablón-Fernández, 2019)

### Git

Git es un sistema avanzado de control de versiones, permite rastrear el progreso de un proyecto a lo largo del tiempo ya que hace capturas del mismo a medida que evoluciona y los cambios se van registrando. Esto permite ver qué cambios se hicieron, quién los hizo y por qué, e incluso volver a versiones anteriores. Facilita el trabajo en paralelo de varios participantes e ir haciendo capturas del trabajo de cada uno para luego unirlos.(Astigarraga & Cruz-Alonso, 2022)

### Postman

Postman es la plataforma de API líder en el mundo. Las funciones de Postman simplifican cada paso de la creación de una API y agilizan la colaboración para ayudar a crear mejores API, más rápido. Lanzada en el año 2012, Postman es un cliente para restear APIs, por el momento es más utilizada para realizar peticiones API REST de manera simple, este gestiona nuestra API, así como documentarla. (Monción Rodríguez, 2023)

### Mongo Compass

MongoDB Compass es la GUI de MongoDB. Compass permite analizar y comprender el contenido de los datos sin un conocimiento formal de la sintaxis de consulta de MongoDB. Además de explorar los datos en un entorno visual, también se puede utilizar Compass para optimizar el rendimiento de las consultas, administrar índices e implementar la validación de documentos. (Vidal Domínguez, 2021).

### Node .JS

Es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma de código abierto del lado del servidor en el lenguaje de programación JavaScript, asíncrono, con E/S (Entrada y salida) de datos en una arquitectura orientada a eventos y basado en el motor V8 de Google. Fue creado con el enfoque de ser útil en la creación de programas de red altamente escalables, como por ejemplo, servidores web. Fue creado por Ryan Dahl en 2009 y su evolución está apadrinada por la empresa Joyent, que además tiene contratado a Dahl en plantilla. (Romero García, 2022)

## Lenguajes a emplear en el desarrollo del sistema

La Tecnología  es el [conjunto](https://concepto.de/que-es-un-conjunto/) de nociones y [conocimientos científicos](https://concepto.de/conocimiento-cientifico/)**que el**[ser humano](https://concepto.de/ser-humano/)**utiliza para lograr un**[objetivo](https://concepto.de/objetivo/)**preciso**, que puede ser la solución de un [problema](https://concepto.de/problema/) específico del individuo o la satisfacción de alguna de sus necesidades.(*Tecnología - Concepto, tipos, ejemplos, evolución, características*, s. f.).

### React

La librería React es una solución a un problema que los desarrolladores enfrentaban y es la creación de interfaces de usuario que pueden ser complejas debido a la cantidad de componentes que cambian frecuentemente con el tiempo y sin tener que escribir mucho código JavaScript. Esta librería comparte muchos aspectos de los frontend frameworks pero su propósito es organizar los elementos HTML en componentes.(Ceron Galindo, 2019)

### HTML

HTML (HyperText Markup Language) es un lenguaje muy sencillo que permite describir hipertexto, es decir, texto presentado de forma estructurada y agradable, con vínculos o enlaces (hyperlinks) que conducen a otros documentos o fuentes de información relacionadas y con inserciones multimedia (gráficos, sonido, etc.)(Casado Vara, 2019)

### CSS

CSS es un lenguaje de diseño que es utilizado para darle vida a una página web creada con un lenguaje de marcado en este caso HTML, CSS define reglas de estilo refiriéndose a un elemento o tag (etiqueta html) para modificar sus atributos, esto puede ser el color, el tamaño, posición etc. CSS se maneja con selectores que pueden ser desde una etiqueta, así como incluir atributos como (cases o id) que determinan en un código html. (Monción Rodríguez, 2023)

### Javascript

JavaScript es un lenguaje de programación que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas. Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario. Técnicamente, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios(Pérez, 2019)

### Mongo DB

MongoDB es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos de código abierto, que en lugar de guardar los datos en tablas lo hace en estructuras de datos BSON (similar a JSON) con un esquema dinámico. Una de las principales características a destacar de MongoDB, sin duda sería la velocidad, que alcanza un balance perfecto entre rendimiento y funcionalidad gracias a su sistema de consulta de contenidos. (Vidal Domínguez, 2021)

## Arquitectura Cliente-Servidor

## **Metodologías de Desarrollo Programación Extrema (XP)**

La programación extrema es una metodología de desarrollo ligera (o ágil) basada en una serie de valores y de prácticas de buenas maneras que persigue el objetivo de aumentar la productividad a la hora de desarrollar programas. Este modelo de programación se basa en una serie de metodologías de desarrollo de software en la que se da prioridad a los trabajos que dan un resultado directo y que reducen la burocracia que hay alrededor de la programación.

El resultado de esta selección ha sido esta metodología única y compacta. Por esto, aunque no está basada en principios nuevos, sí que el resultado es una nueva manera de ver el desarrollo de software. El objetivo que se perseguía en el momento de crear esta metodología era la búsqueda de un método que hiciera que los desarrollos fueran más sencillos. Aplicando el sentido común.(*Programación Extrema - PDF Descargar libre*, s. f.)

Para desarrollar un proyecto de software, la metodología propone cuatro fases:

**Planeación**: La actividad de planeación comienza escuchando. Escuchar lleva a la creación de algunas historias del usuario que describen la salida necesaria, características y funcionalidad del software que se va a elaborar. Cada historia es escrita por el cliente y colocada en una tarjeta indizada. El cliente asigna un valor (es decir, una prioridad) a la historia con base en el valor general de la característica o función para el negocio.

**Diseño**: El diseño XP sigue rigurosamente el principio MS (mantenlo sencillo). Un diseño sencillo siempre se prefiere sobre una representación más compleja. Además, el diseño guía la implementación de una historia conforme se escribe: nada más y nada menos. Se desalienta el diseño de funcionalidad adicional porque el desarrollador supone que se requerirá después. XP estimula el uso de las tarjetas CRC como un mecanismo eficaz para pensar en el software en un contexto orientado a objetos. Las tarjetas CRC (clase-responsabilidad-colaborador) identifican y organizan las clases orientadas a objetos que son relevantes para el incremento actual de software.

**Codificación**: Después de que las historias han sido desarrolladas y de que se ha hecho el trabajo de diseño preliminar, el equipo no inicia la codificación, sino que desarrolla una serie de pruebas unitarias a cada una de las historias que se van a incluir en la entrega en curso (incremento de software).Una vez creada la prueba unitaria, el desarrollador está mejor capacitado para centrarse en lo que debe implementarse para pasar la prueba. No se agrega nada extraño (MS). Una vez que el código está terminado, se le aplica de inmediato una prueba unitaria, con lo que se obtiene retroalimentación instantánea para los desarrolladores.

**Pruebas**. Las pruebas unitarias que se crean deben implementarse con el uso de una estructura que permita automatizarla. Esto estimula una estrategia de pruebas de regresión, siempre que se modifique el código. A medida que se organizan las pruebas unitarias individuales en un “grupo de prueba universal], las pruebas de la integración y validación del sistema pueden efectuarse a diario. Esto da al equipo XP una indicación continua del avance y también lanza señales de alerta si las cosas marchan mal. Las pruebas de aceptación XP, también llamadas pruebas del cliente, son especificadas por el cliente y se centran en las características y funcionalidad generales del sistema que son visibles y revisables por parte del cliente. Las pruebas de aceptación se derivan de las historias de los usuarios que se han implementado como parte de la liberación del software.

# 

# Capítulo 2. Planificación y Diseño

Introducción al Capítulo

## Descripción del proceso de cálculo del transporte de sedimentos

La empresa GEOCUBA (Oriente Sur) realiza numerosos estudios y aporta soluciones a diversas áreas con valor para la economía, la ciencia y la sociedad, destacándose la agencia de estudios marinos. Esta agencia, desarrolla una metodología para el cálculo teórico del transporte longitudinal de los sedimentos. Para la realización de la misma se tiene una serie de mediciones del campo tomadas por equipos de precisión, donde se recogen diversos datos del lugar. Estas mediciones son guardas en registros físicos, los cuales en un espacio de tiempo se tienen en cuenta para comparar el comportamiento de la zona costera. Además de estas mediciones en el campo se realiza una medición teórica, la cual puede predecir como se está comportando el transporte de sedimentos a través de ecuaciones las cuales son calculas manualmente, lo cual trae demora en el tiempo e imprecisiones en los cálculos. Por cada medición se recogen los siguientes datos:

-Densidad de la Arena

--Densidad del Mar

-Coeficiente de Porosidad

-Índice de Rompiente

-Aceleración de la Gravedad

-Angulo

-Altura

## 2.1: Actores del Sistema

Los Actores del Sistema son los antiguos trabajadores del negocio; así como los actores del negocio que interactúen con el sistema.

Tabla 2.1: Actores del Sistema

|  |  |
| --- | --- |
| Actor | Justificación |
| Trabajador | Podrá realizar las operaciones comunes para lo que fue diseñada la herramienta, dichas operaciones se realizan desde la interfaz gráfica de la misma. |
| Administrador | Es el encargado de crear Usuarios, tendrá acceso a revisar las trazas del Sistema y podrá realizar cambios en el Sistema |

## **2.2: Funcionalidades del Sistema**

Las funcionalidades del sistema se refieren al conjunto de funciones que satisfagan las necesidades implícitas o explícitas de los usuarios, al ser utilizado bajo condiciones específicas. Se relaciona directamente con aquello que el software hace para satisfacer necesidades, mientras que las demás características se refieren al cómo y al cuándo. Evalúa el cumplimiento de requerimientos, la exactitud de los resultados, la seguridad del producto y la interacción con otros sistemas.(«Funcionalidad», 2015)



### **Requisitos Funcionales:**

Requisitos Funcionales (Capacidades): Describe las funciones que lleva a cabo el software; como debe reaccionar este ante ciertas entradas y como debe comportarse en situaciones particulares.

**F1: Autenticarse:** Permitirá al usuario acceder a la Página Web

Entrada: Usuario y Contraseña

Salida: El usuario accede a la Página Web

F2: Gestión de Usuarios

* El Sistema debe permitir a los usuarios registrarse y crear una cuenta.
* El Sistema debe permitir a los usuarios iniciar sesión y acceder a su cuenta.
* El Sistema debe permitir a los usuarios editar su perfil.
* El Sistema debe permitir a los usuarios cambiar su contraseña.
* El Sistema debe permitir a los usuarios eliminar su cuenta.

F3: Gestión de Datos

* El Sistema debe almacenar los datos de las ecuaciones calculadas por los usuarios.
* El Sistema debe almacenar los datos de las variables utilizadas en las ecuaciones.
* El Sistema debe almacenar los datos de los resultados de las ecuaciones.
* El Sistema debe permitir a los usuarios recuperar los datos almacenados.
* El Sistema debe permitir a los usuarios eliminar los datos almacenados.

F4: Visualización de Datos:

* El Sistema debe mostrar una lista de las ecuaciones calculadas por el usuario.
* El Sistema debe mostrar los detalles de cada ecuación, incluyendo la ecuación en sí, las variables utilizadas y el resultado.
* El Sistema debe permitir a los usuarios filtrar y ordenar las ecuaciones.
* El Sistema debe permitir a los usuarios exportar los datos de las ecuaciones a un archivo.

**F5: Búsqueda:** Si la página web debe incluir un motor de búsqueda que permita a los usuarios encontrar rápidamente lo que buscan.

F6: Ayuda y Soporte:

* El Sistema debe tener una sección de ayuda que proporcione información sobre cómo usar la página web.
* El Sistema debe tener un sistema de contacto que permita a los usuarios ponerse en contacto con el equipo de soporte técnico.

### Historias Técnicas:

Requisitos No Funcionales (Restricciones, requisitos de calidad): Restricciones sobre las funciones o servicios ofrecidos por el sistema.

Rendimiento

* Tiempos de respuesta y carga
* Capacidad de manejo bajo diferentes cargas de trabajo
* Escalabilidad (vertical y horizontal)
* Eficiencia de consultas y operaciones

Seguridad

* Autenticación y autorización
* Encriptación de datos
* Protección contra vulnerabilidades
* Cumplimiento de normativas de seguridad

Usabilidad

* Interfaz de usuario intuitiva
* Accesibilidad para usuarios con discapacidades
* Facilidad de uso
* Satisfacción del usuario

Disponibilidad

* Tiempo de actividad esperado
* Tiempo de inactividad planificado
* Recuperación ante fallas

Fiabilidad

* Tolerancia a fallos
* Recuperación ante errores
* Confiabilidad del sistema
* Estabilidad continua

Mantenibilidad

* Facilidad de mantenimiento y actualización
* Documentación adecuada
* Capacitad para realizar cambios sin afectar la estabilidad

Portabilidad

* Compatibilidad con diferentes sistemas operativos
* Adaptabilidad a diferentes dispositivos
* Interoperabilidad con otros sistemas

Privacidad y protección de datos

* Cumplimiento de regulaciones de protección de datos
* Protección de información personal
* Control sobre el uso compartido de datos

## Patrón Arquitectónico Vista-Controlador

El Modelo-Vista-Controlador (MVC) es un patrón de arquitectura de software muy popular y ampliamente utilizado. **Modelo**: Representa los datos y la lógica de negocio de la aplicación, gestiona la persistencia de datos y la manipulación de datos, gefine las entidades y relaciones de la aplicación. **Vista**: Se encarga de la presentación de la información al usuario, genera la interfaz gráfica de la aplicación, recibe datos del modelo y los muestra en un formato apropiado. **Controlador**: Actúa como intermediario entre el modelo y la vista, maneja las acciones del usuario y coordina la interacción entre modelo y vista, recibe solicitudes del usuario, procesa la información y envía datos a la vista.

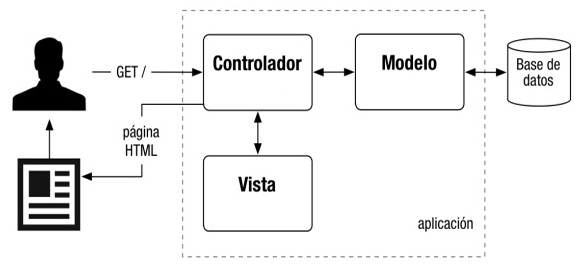


Figura 2.1 Modelo Vista Controlador

## Historias de Usuarios:

Las Historias de Usuario representan una breve descripción del comportamiento del sistema, emplea terminología del cliente sin lenguaje técnico, se realiza una por cada característica principal del sistema, se emplean para hacer estimaciones de tiempo y para el plan de lanzamientos, reemplazan un gran documento de requisitos y preceden la creación de las pruebas de aceptación

requisitos y preceden la creación de las pruebas de aceptación

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Historia de Usuario | | |
| Número: 1 | | Nombre de la Historia de Usuario: Autenticarse | |
|  | Modificación o Extensión de Historia de Usuario y Número: Ninguna | | |
| Usuario: Administrador y Cliente | | | Iteración asignada: |
| Prioridad del Negocio: (Alta/Media/ Baja)  Alta | | | Puntos Estimados: 1 semana |
| Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/ Baja)  Baja | | | Puntos Reales: |
|  | Programador responsable: Dariel Cabrera | | |
|  | **Descripción:** El módulo de autenticación debe mostrar un formulario que está compuesto por dos campos obligatorios, usuario y contraseña. . Cuando el usuario se autentique hará el rol de administrador o de cliente. | | |
|  | **Observaciones:** En caso que los datos de entradas no estén correctos, se lanza un mensaje alertando que las credenciales son incorrectas. | | |
|  |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Historia de Usuario | | |
| Número: 2 | | Nombre de la Historia de Usuario: Inicio | |
|  | Modificación o Extensión de Historia de Usuario y Número: Ninguna | | |
| Usuario: Administrador y Clientes | | | Iteración asignada: |
| Prioridad del Negocio: (Alta/Media/ Baja)  Media | | | Puntos Estimados: 1 semana |
| Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/ Baja)  Baja | | | Puntos Reales: |
|  | Programador responsable: Dariel Cabrera | | |
|  | **Descripción:** El usuario tendrá visibilidad a las informaciones generales de la página, además de que tendrálas opciones para acceder a las diferentes secciones de la página. | | |
|  | Observaciones: | | |
|  |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Historia de Usuario | | |
| Número: 3 | | Nombre de la Historia de Usuario: Cálculo | |
|  | Modificación o Extensión de Historia de Usuario y Número: Ninguna | | |
| Usuario: Administrador y Clientes | | | Iteración asignada: |
| Prioridad del Negocio: (Alta/Media/ Baja)  Alta | | | Puntos Estimados: 1 semana |
| Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/ Baja)  Baja | | | Puntos Reales: |
|  | Programador responsable: Dariel Cabrera | | |
|  | **Descripción:** El módulo de Cálculo tendrá obligatorios para que el usuario realice la entrada de datos | | |
|  | Observaciones:  En caso que los datos de entradas no estén correctos o no entre unos de los datos solicitados, se lanza un mensaje alertando que las credenciales son incorrectas. | | |
|  |  | | |

## Diagrama de Clases

Un diagrama de clases es un tipo de estructura estática que describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones (o métodos), y las relaciones entre los objetos.

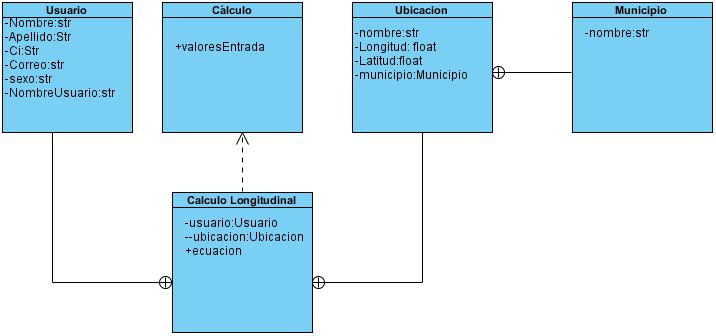
****

Figura 2.2 La clase usuario va a realizar muchos cálculos longitudinales, los cuales heredan de la clase Cálculos, estos cálculos ser realizan en una ubicación, en una ubicación se realiza muchos cálculos, en un Municipio hay muchas ubicaciones

## Diagrama de Base de Datos

Un diagrama de base de datos es una representación visual de la estructura y relaciones entre los elementos de una base de datos.

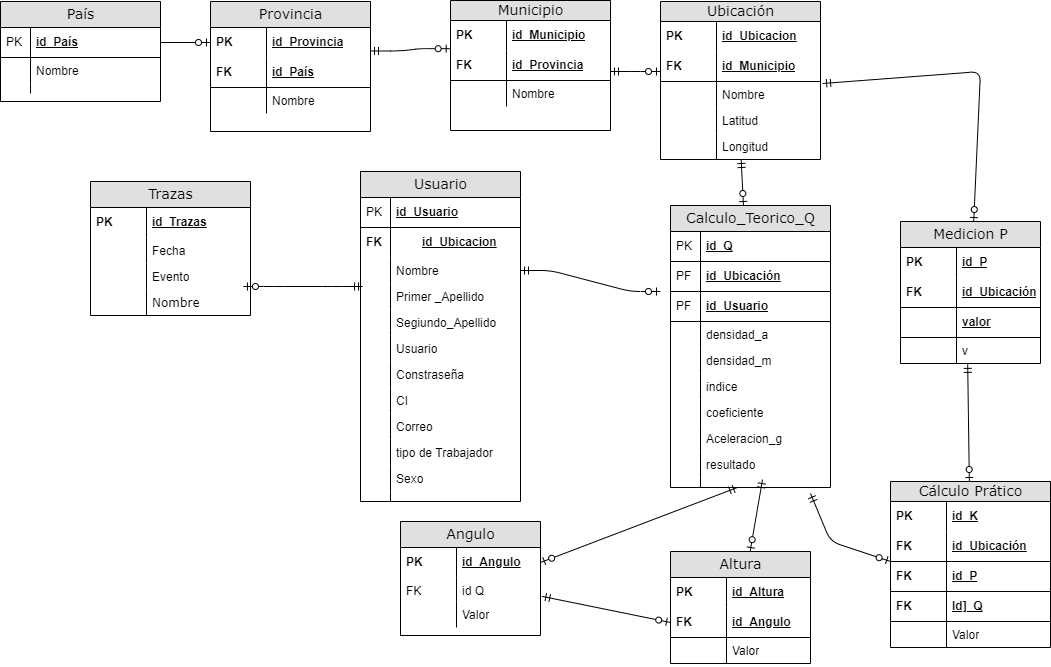


Figura 2.3 Diagrama de Base de Datos

# Capítulo 3. Implementación y Pruebas del Sistema

## Introducción

## Pruebas al Sistema

En la Tabla 2.1 “Caso de Prueba Autenticación, se describe las diversas formas de entrada y resultados esperados. En el primero, al entrar el usuario y contraseña válido, el sistema debe revisar si está en la base de datos y le permite acceder al sistema. En caso de digitar una contraseña o un nombre de usuario incorrecto, el sistema debe notificar al usuario del error.

**Tabla 2.1 Caso de Prueba “Autenticación”**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Resultados | Condición |
| Una contraseña | No se muestra la contraseña al escribir | Se escribe la contraseña para iniciar sesión |
| Usuario y contraseña | Se revisa en base de datos la información de registro e inicio de sesión del usuario actual | Se registra y entra al sistema |
| Una contraseña incorrecta o usuario incorrecto | Se notifica al usuario del usuario o la contraseña es incorrecta | Se trata de registrar con usuarios y contraseñas erróneos |

En la Tabla 2.2. Caso de Prueba “Cálculo”, se describe las diversas formas y resultados esperados. En el primero, al entrar datos válidos el sistema permite su entrada y procede al caso dos que se calcula a partir de que el usuario presiona el botón calcular y se guardan los datos entrados en la base de datos, posterior a esto los datos serán mostrados en una tabla. En el caso tres si el usuario entra un dato erróneo, ya sea letras en vez de números o cualquier datos que no es el correspondiente a esa entrada , el sistema debe notificarle la mismo que el dato es incorrecto.

**Tabla 2.2 Caso de Prueba “Inicio”**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Entrada | Resultados | Condición |
| Entrar Datos | Permite entrar Datos de las variables de la ecuación a calcular | Se escriben los datos para calcular |
| Se calculan los datos entrados | Permite calcular los datos entrados y se guardan en la base de datos, debe mostrar una tabla los datos entrados y el resultado de dicho calculo | Se calcula y se guardan los datos |
| Un dato incorrecto | Se notifica al usuario del dato que es incorrecto | Se trata de calcular datos erróneos |

# Referencias Bibliográficas

Astigarraga, J., & Cruz-Alonso, V. (2022). ¡ Se puede entender cómo funcionan Git y GitHub! *Ecosistemas*, *31*(1), 2332-2332.

Briones Montoya, V. M., Lynch Santillán, J. E., & Saltos Andrade, I. M. (2020). *Evaluación de alternativas para la protección costera frente a procesos erosivos utilizando MIKE 21. Caso de estudio: Libertador Bolívar*. ESPOL. FIMCM.

Casado Vara, R. C. (2019). *Introducción a HTML*.

Ceron Galindo, J. M. (2019). *React js: La nueva tendencia en aplicaciones web, enfocadas en el control dinámico de datos*.

Córdova-López, L. F., & Torres-Hugues, R. (2011). Modelo matemático para la determinación del transporte longitudinal para playas del Caribe. *Tecnología y ciencias del agua*, *2*(3), 127-140.

*Cubadebate*. (s. f.-a). Recuperado 7 de enero de 2024, de http://www.cubadebate.cu/noticias/2018/12/16/tarea-vida-a-debate-en-la-asamblea-nacional-cuba-ante-las-realidades-del-cambio-climatico/

*Cubadebate*. (s. f.-b). Recuperado 7 de enero de 2024, de http://www.cubadebate.cu/noticias/2023/07/18/tarea-vida-en-la-mira-de-los-diputados-hay-una-transicion-en-el-clima-de-cuba/

De Arma-Hernández, A., & Sablón-Fernández, L. E. (2019). Aplicación web para la gestión de la información especializada en Geociencia. *Ciencia & Futuro*, *9*(2), 106-127.

Ekon, E. (2021, julio 28). *¿Qué es un sistema de gestión y para qué sirve?* Ekon. https://www.ekon.es/blog/sistemas-de-gestion-integral-para-el-funcionamiento-optimo-de-la-empresa/

Funcionalidad. (2015, junio 7). *gestion de la calidad del software - norma iso-9126*. https://diplomadogestioncalidadsoftware2015.wordpress.com/norma-iso-9126/calidad-interna-y-externa/funcionalidad/

*GEOCUBA - EcuRed*. (s. f.). Recuperado 9 de enero de 2024, de https://www.ecured.cu/GEOCUBA

*Herramientas informáticas—EcuRed*. (s. f.). Recuperado 7 de enero de 2024, de https://www.ecured.cu/Herramientas\_inform%C3%A1ticas

Hugues, R. T., & López, L. C. (2010). Método para la estimación del transporte longitudinal de sedimentos en playas de arena. *Revista Cubana de Ingeniería*, *1*(1), 41-47.

Medina, N. M. C. (s. f.). *EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA*.

Meza Sandoval, J. J., & Valverde Llanos, A. E. (s. f.). *Propuesta de diseño de rompeolas como protección de la costa contra la erosión por efecto del oleaje en la playa La Herradura*.

*MIKE 21/3 Sand Transport*. (s. f.). Recuperado 7 de febrero de 2024, de https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-21/Sediments/sand-transport

Monción Rodríguez, C. L. (2023). *Diseño e implementación de una plataforma y API para la enseñanza de la tecnología REST*.

Myers, G. J., Sandler, C., & Badgett, T. (2011). *The art of software testing*. John Wiley & Sons.

*Nueva norma legal por la preservación de las costas cubanas—Juventud Rebelde—Diario de la juventud cubana*. (s. f.). Recuperado 15 de abril de 2024, de https://www.juventudrebelde.cu/ciencia-tecnica/2023-12-07/acertada-interrelacion-entre-las-entidades-y-rigor-en-el-control-contribuiran-al-exito-de-la-nueva-norma-legal-relativa-a-las-costas-cubanas

Pérez, J. E. (2019). *Introduccion a JavaScript*.

*Programación Extrema—PDF Descargar libre*. (s. f.). Recuperado 7 de enero de 2024, de https://docplayer.es/1647643-Programacion-extrema.html

*Pruebas de Software: Historia y Evolución*. (s. f.). Recuperado 26 de junio de 2024, de https://www.fyccorp.com/articulo-pruebas-de-software:-historia-y-evolucion

*Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece*. (2022, julio 22). OpenWebinars.net. https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/

*¿Qué son los Servicios Web (Web Services)? – Jorge Ocampos*. (s. f.). Recuperado 6 de septiembre de 2024, de https://jorgeocampos.blog/2023/12/18/servicios-web/

Romero García, W. R. (2022). *Análisis comparativo de los lenguajes de programación NODE JS y asp. Net para un sistema de registro de la “farmacia tu ahorro” en la ciudad de Babahoyo.* Babahoyo: UTB-FAFI. 2022.

*Sistema de Gestión: Qué es y por qué es tan importante*. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2024, de https://www.unifikas.com/es/noticias/sistema-de-gestion-que-es-y-por-que-es-tan-importante

*Tecnología—Concepto, tipos, ejemplos, evolución, características*. (s. f.). Recuperado 7 de enero de 2024, de https://concepto.de/tecnologia/#ixzz8O8i9AU6q

Velepucha, V., Flores, P., & Torres, J. (2019). MOMMIV: Modelo para descomposición de una arquitectura monolítica hacia una arquitectura de microservicios bajo el Principio de Ocultación de Información. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E17*, 1000-1009.

Vidal Domínguez, M. (2021). *Desarrollo de una app multiplataforma para la generación y almacenamiento de contraseñas seguras*. Universitat Politècnica de València.

Westreicher, G. (2020, agosto 7). *¿Qué es la gestión? Para qué sirve, pasos a seguir y tipos*. Economipedia. https://economipedia.com/definiciones/gestion.html

1. <https://oss.deltares.nl/web/delft3d> [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://www.dhigroup.com/technologies/mikepoweredbydhi> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://oss.deltares.nl/web/xbeach/> [↑](#footnote-ref-3)