



Migración del aplicativo de cálculos de cimentaciones de equipos de patio y líneas de transmisión

Santiago Quintero Hincapié

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniería de Sistemas

Asesor

Miriam Cecilia Delgado Cadavid

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Pregrado

Medellín

2022

Cita	Santiago Quintero Hincapié 2 [1]
Referencia	[1] S. Quintero Hincapié, “Migración del aplicativo de cálculos de cimentaciones de equipos de patio y líneas de transmisión”, Semestre de Industria, Pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Créditos a escenario de prácticas, personas, proyectos que aportaron al desarrollo de la práctica (interna y externamente: empresa y área de la empresa, grupo de investigación, proyecto, organización)

Asesor de practica externo: Susana Galeano Báez



centro de documentación UdeA

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diego José Luis Botía Valderrama

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

El trabajo realizado en este proyecto esta dedicado a la Universidad de Antioquia por haberme dado los conocimientos necesarios para sacar adelante el mismo. Dedico también este logro a mi familia que estuvo todo este tiempo apoyando mi trabajo y confiando en mi talento.

Agradecimientos

Agradezco a la empresa ISA por haberme dado la oportunidad de realizar mis practicas académicas allí y de esta manera demostrar mis capacidades ante la universidad y mi familia. Agradezco también a mi asesora externa Susana Galeano Báez por haber confiado en mi talento y darme la libertad de proponer ideas para solucionar el problema propuesto y con ello ganar experiencia profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	10
A. Objetivo general.....	10
B. Objetivos específicos.....	10
III. MARCO TEÓRICO.....	10
IV. METODOLOGÍA.....	12
Tecnologías y librerías utilizadas.....	14
V. RESULTADOS.....	15
Sección 1: Calcular cimientos.....	15
Sección 2: Calcular cargas.....	18
Sección 3: Salidas.....	22
VI. CONCLUSIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Etapas del flujo de trabajo del proyecto.....	12
Fig. 2. Arquitectura de la aplicación.....	13
Fig. 3 - 37. Imagenes explicativas de los resultados.....	15 - 34
Fig. 38. Diagrama de flujo del aplicativo.....	35

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

UdeA	Universidad de Antioquia
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
JS	Java Script

RESUMEN

La dirección de ingeniería corporativa de la empresa Interconexión Eléctrica S.A, ISA contaba con una aplicación en excel para el diseño de las cimentaciones de los equipos de patio en las subestaciones eléctricas que fue de gran ayuda durante mucho tiempo. Esta herramienta era poco intuitiva y desactualizada en la aplicación de las normas vigentes además de presentar algunos errores en producción.

En este proyecto se diseñó y se programó una herramienta de automatización con nuevas y mejores tecnologías. A partir del conocimiento del funcionamiento básico del aplicativo en excel se propuso una estructura y el flujo de actividades en el lenguaje de marcado HTML y CSS. Luego se estudió el código de la aplicación para iniciar el proceso de migración del lenguaje Visual Basic a JavaScript; una vez migrados todos los cálculos se agregaron funcionalidades a la nueva aplicación realizando el proceso de manera cíclica y con la aplicación de pruebas hasta optimizar los resultados obtenidos alcanzando mejores rendimientos.

La única dificultad con la que se contaba en el proyecto era que se tenía que trabajar con código ajeno, en un lenguaje en el que no se tenía conocimiento y además no se contaba con manual técnico, todos estos factores dificultaron bastante el objetivo de migrar los cálculos.

El producto final de este proyecto es una aplicación automatizada en lenguaje de programación JavaScript y con los lenguajes de marcado HTML y CSS, más eficiente y amigable con el usuario, además de permitir generar memorias de cálculo, anexos, tablas de planos y corregir los errores que se presentaban con el anterior aplicativo en la etapa de producción.

Palabras clave — **Calculo, cimentaciones, automatización y HTML5**

ABSTRACT

The corporate engineering department of the company Interconexión Eléctrica S.A., ISA had an excel application for the design of the foundations of the patio equipment in the electrical substations, which was of great help for a long time. This tool was not very intuitive and outdated in the application of current standards, in addition to presenting some errors in production.

In this project, an automation tool with new and better technologies was designed and programmed. From the knowledge of the basic operation of the application in excel, a structure and the flow of activities in the HTML and CSS markup language were proposed. Then the application code was studied to start the migration process from Visual Basic language to JavaScript; Once all the calculations were migrated, functionalities were added to the new application, carrying out the process cyclically and with the application of tests until the results obtained were optimized, achieving better performance.

The only difficulty that the project had was that it had to work with someone else's code, in a language in which there was no knowledge and also there was no technical manual, all these factors made it quite difficult to migrate the calculations.

The final product of this project is an automated application in the JavaScript programming language and with the HTML and CSS markup languages, more efficient and user-friendly, as well as allowing the generation of calculation reports, annexes, plan tables and correcting errors. that were presented with the previous application in the production stage.

Keywords — Calculation, foundations, automation and HTML5

I. INTRODUCCIÓN

La empresa Interconexión Eléctrica S.A tiene una dirección de ingeniería corporativa que es la responsable de los procesos de ingeniería de todas las filiales. Ahora bien, en el marco de la estrategia empresarial para el año 2030. surge este proyecto para cumplir con uno de los hitos de la empresa que consiste en tener cimentaciones estandarizadas para los equipos de las subestaciones y líneas de transmisión, ya que cada vez que se construía una de estas estructuras había que volver a diseñar las cimentaciones de los mismos equipos de patio. En este proyecto se desarrolló una automatización del proceso de diseño de las cimentaciones para los equipos de patio con nuevas y mejores tecnologías logrando mejores rendimientos.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Automatizar el aplicativo de cálculo existente encargado del diseño de cimentaciones de equipos de patio para subestaciones y líneas de transmisión.

B. Objetivos específicos

- Aprender el flujo de uso común de la herramienta existente.
- Plantear la arquitectura de la solución propuesta.
- Analizar a profundidad el código de la herramienta existente.
- Migrar los cálculos de Visual Basic a Java Script.
- Realizar una interfaz amigable e intuitiva para el usuario.

III. MARCO TEÓRICO

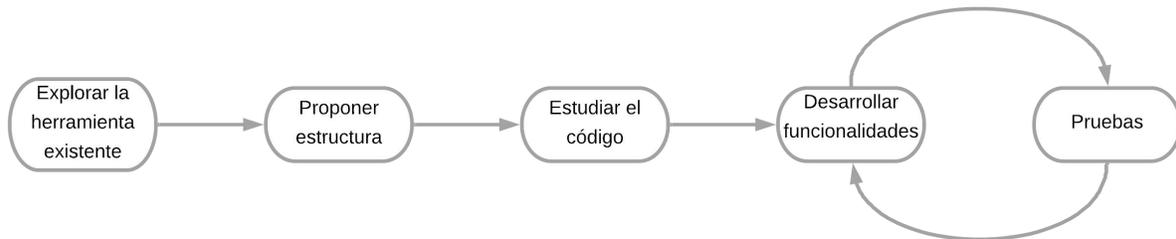
El programa que se estaba usando para hacer los cálculos de cimentaciones de equipos estaba programado con macros en Excel [1] las cuales son una especie de automatismos capaces de ejecutar un conjunto personalizado de acciones. Así, con sólo pulsar el atajo de teclado que se haya configurado para ejecutar el macro creado, Excel se encargará de ir haciendo una por una todas las acciones que se hayan configurado previamente [2], estas macros anteriormente descritas se programan en lenguaje Visual Basic, el cual es un lenguaje de programación dirigido por eventos, desarrollado por Alan Cooper para Microsoft [3].

La nueva aplicación se realizó con HTML, CSS y Javascript los cuales son lenguajes que están centrados en crear aplicaciones web, esto debido a que la aplicación se desea colocar en un servidor web en un futuro. HTML [4] nos permite estructurar la información, CSS [5] se usa para diseñar la información y JavaScript [6] para hacer interactividad con esa información.

También se hizo uso de Bootstrap [7] la cual es una biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web, esto con el fin de facilitar el desarrollo de una aplicación amigable e intuitiva para el usuario, cumpliendo así con una correcta experiencia de usuario [8], se usó también la librería chart [9] para generar gráficas y entender mejor los resultados y datos obtenidos.

IV. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto inicialmente se debía conocer a detalle la aplicación en Excel, para ello se realizaron varios ejemplos facilitados por el asesor externo que permitían el uso de toda la aplicación, conociendo el funcionamiento básico del aplicativo en excel se creó una posible estructura y flujo de actividades en HTML, luego se procedió a estudiar el código y comenzar a migrar a JavaScript, es decir traducir el código de Visual Basic a JavaScript, una vez migrados todos los cálculos se comenzó a agregar funcionalidades a la aplicación nueva en este proceso nos quedamos de manera cíclica haciendo pruebas y mejoras hasta obtener el resultado deseado. La metodología se dividió en 5 etapas las cuales fueron:



*Fig. 1. Etapas del flujo de trabajo del proyecto
(Elaboración propia)*

Explorar la herramienta existente: Conocer y aprender a manejar la herramienta existente, esto se llevó a cabo con ayuda de varios ejemplos prácticos que hacían uso de toda la aplicación, para luego plantear una propuesta de solución con su respectiva arquitectura que satisfaga las necesidades de los usuarios que harán uso de la aplicación.

Proponer estructura: Construir una maqueta en HTML, esto se realizó teniendo en cuenta las funcionalidades conocidas en la etapa 1.

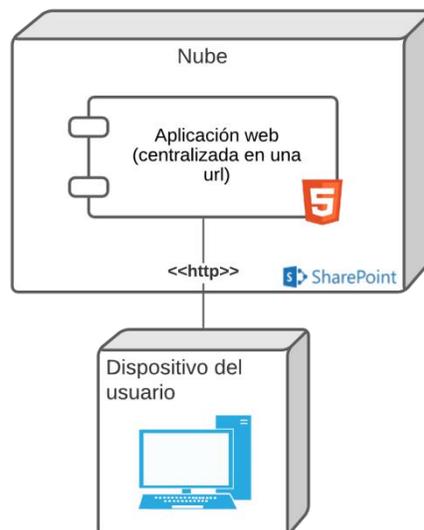
Estudiar el código: Inmersión y migración del código, esto se realizó con el fin de estudiar y entender la funcionalidad de cada macro, y al mismo tiempo traducir los cálculos programados en lenguaje visual basic a lenguaje javascript, para finalmente realizar una interfaz

amigable e intuitiva para el usuario que cumpla con las necesidades técnicas de los cálculos y una buena experiencia de usuario.

Desarrollar funcionalidades: Agregar funcionalidades, se tenían reuniones constantemente para revisar y hablar sobre las nuevas funcionalidades que se le deseaba agregar a la nueva aplicación, tales como generar memorias de cálculo, anexos y tablas para planos.

Pruebas: Hacer pruebas de escritorio, se realizaron muchas pruebas para encontrar errores y oportunidades de mejora, si se encontraban se procedía a solucionarlo y nuevamente a hacer más pruebas, hasta que finalmente el programa cumplía con todas las necesidades pedidas por el usuario.

Debido a que la aplicación se deseaba colocar en un futuro en un servidor en la nube se planteó la siguiente arquitectura. Desde un dispositivo se accede al servidor en donde se encuentra alojada la aplicación hecha en HTML5, la empresa fue quien me propuso usar SharePoint como posible servidor de alojamiento, por tales motivos la arquitectura planteada fue la siguiente:



*Fig. 2. Arquitectura de la aplicación
(Elaboración propia)*

Tecnologías y librerías utilizadas

La aplicación está hecha en HTML, CSS y Java Script, todos los recursos están en la carpeta assets de manera local, no usa ninguna API externa y se ejecuta únicamente abriendo el archivo index.html. Las librerías usadas son:

Bootstrap

Esta librería se usó con la intención de facilitar el maquetado HTML de la aplicación, además de darle un estilo más amigable.

Chart

Esta librería se usó para crear las gráficas, además de darles una funcionalidad y un estilo amigable para el usuario.

V. RESULTADOS

La nueva aplicación cuenta con una interfaz bastante intuitiva que le facilita al usuario realizar un correcto flujo de actividades, le permite al usuario hacer los cálculos de cimentaciones de equipos dependiendo del país, además de ello también podrá calcular las cargas si no se cuenta con ellas y generar los documentos necesarios.

A grandes rasgos el aplicativo cuenta con 3 secciones, una sección para hacer el cálculo cimientos, otra para calcular cargas y la sección más importante, donde se muestran los resultados. En esta última se encuentra la opción de generar algunos documentos como son memorias de cálculo y tablas para el plano.

En la vista inicial de la aplicación se encuentra un pequeño formulario en donde lo primero que se debe saber para comenzar con los cálculos de cimentaciones es el país para el cual se va a realizar el diseño, ya que, dependiendo de esto, cambian algunas normas y valores por defecto debido a fuerzas del viento, movimientos sísmicos y temas relacionados.

Pais para el cual se quiere hacer el cálculo:

Colombia

*Esta respuesta afecta los valores por defecto de la tabla de factores que se usa para generar las combinaciones, además de la normatividad y herramientas de cálculo que se mostrarán en la memoria de cálculo.

Continuar

Fig. 3. Resultados. imagen explicativa 1

Se puede seleccionar Colombia, Perú o Chile, para luego comenzar con el flujo de actividades correspondiente al cálculo de cimentaciones.

Sección 1: Calcular cimientos

En esta sección lo primero que se debe diligenciar es el número de combinaciones para cargar la tabla de cargas.

Fig. 4. Resultados. imagen explicativa 2

Una vez especificado el número de combinaciones de carga se muestra la siguiente tabla:

Combinaciones	Fuerza eje X [kN]	Fuerza eje Y [kN]	Fuerza eje Z [kN]	Mom. eje X [kN-m]	Mom. eje Y [kN-m]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Fig. 5. Resultados. imagen explicativa 3

El botón  que se encuentra en la esquina superior derecha de la tabla sirve para pegar el contenido del portapapeles en la tabla, y así facilitar el diligenciamiento de la tabla si se cuenta con la información en un documento de Excel o en una tabla en Word.

Una vez diligenciada esta información se procede a llenar la tabla de datos de entrada y materiales, el nombre del equipo al cual se le está haciendo el cálculo y su abreviatura.

Calcular cimientos
Calcular cargas

Número de Combinaciones ▼

Fuerzas y momentos con sistema de referencia en la parte superior de los pedestales ▼

Datos de entrada (Materiales) ^

Nombre del equipo:

Abreviatura:



ELEMENTO	VARIABLE	MAGNITUD
Suelo	Esfuerzo admisible del suelo [kPa]	
	Peso unitario del suelo [kN/m ³]	
Zapata	Lado Zapata - Dirección X (L _x) [m]	
	Lado Zapata - Dirección Y (L _y) [m]	
	Espesor Zapata - Dirección Z (E) [m]	
	Profundidad de desplante (D) [m]	
	Lado Pedestal - Dirección X (T _x) [m]	

Fig. 6. Resultados. imagen explicativa 4

Igualmente se cuenta con la herramienta  que facilita diligenciar esta información si ya se cuenta con la misma en un archivo de Excel o en una tabla en Word.

Esta tabla se debe llenar con la información del suelo, la zapata, el pedestal, el concreto, el acero y algunos factores.

Pedestal	Lado Pedestal - Dirección X (T_x) [m]	
	Lado Pedestal - Dirección Y (T_y) [m]	
	Altura Pedestal - Dirección Z (h_p) [m]	
	Número de pedestales	
	Separación entre centros de pedestales - Dirección X (L_1) [m]	
Concreto	Separación entre centros de pedestales - Dirección Y (B_1) [m]	
	Recubrimiento del concreto con respecto al suelo [m]	0.075
Acero	Resistencia a la compresión concreto [MPa]	21
	Esfuerzo de fluencia del acero [MPa]	4200
Factores	Factor de seguridad mínimo por volcamiento	1.5
	Factor de sobrecarga para el diseño de concreto	1.4
	Factor Reducción por cortante	0.75
	Factor Reducción por flexión	0.9
Calcular y reportar resultados		
Cambiar país		

Fig. 7. Resultados imagen explicativa 5

Una vez se haya terminado de llenar la tabla, el paso a seguir es calcular y reportar los resultados, para ello únicamente se requiere dar clic en el botón “Calcular y reportar resultados” y sus resultados se agregarán como un nuevo anexo. De los resultados hablaremos en la Sección 3.

Al colocar el puntero sobre  se mostrará un mensaje de ayuda que podrá ser útil para el usuario a la hora de diligenciar dicha variable.

Sección 2: Calcular cargas

La primera vista que se ve cuando se decide ir por este camino es la siguiente:

Calcular cimientos		Calcular cargas	
Condiciones y Equipo			
			
ELEMENTO	VARIABLE	MAGNITUD	
Viento	Velocidad de viento básica (V) [km/h]	!	
	Categoría de exposición	B	
	α	!	
	HSNM altura sobre nivel del mar [m]		
	G Factor de ráfaga	!	
Sismo	Relación Sismo vertical/Sismo horizontal (C_{22})	!	
	Coefficiente sísmico horizontal (S_d) [g]		
	Factor de ductilidad (R)		
	Peso total (W) [kN]	!	

Fig. 8. Resultados imagen explicativa 6

Inicialmente se debe diligenciar la tabla de condiciones y equipo, para luego elegir el tipo de estructura, la conexión superior y conexión inferior.

Calcular cimientos		Calcular cargas	
Condiciones y Equipo			
Estructura y Conexiones			
Tipo de estructura:	Celosía		
Conexión superior:	Ninguna		
Conexión inferior:	Ninguna		
			

[Cargar tablas de estructura y conexiones](#)

Fig. 9. Resultados imagen explicativa 7

Al dar clic en el botón “Cargar tablas de estructura y conexiones” se generan las tablas correspondientes.

Estructura en celosía		
ELEMENTO	VARIABLE	MAGNITUD
Estructura	Peso total (W) [kN] 	
	Altura tramo recto (h ₁) [m]	
	Altura tramo piramidal (h ₂) [m]	
	Dimensión base superior Dirección X (L ₁) [m]	
	Dimensión base inferior Dirección X (L ₂) [m]	
	Dimensión base superior Dirección Y (B ₁) [m]	
	Dimensión base inferior Dirección Y (B ₂) [m]	
	Relación de área sólida a área total Dirección X 	
	Relación de área sólida a área total Dirección Y 	
Carga de mantenimiento y montaje dirección Z [kN]		
Cable Transmisión Superior		
ELEMENTO	VARIABLE	MAGNITUD

Fig. 10. Resultados imagen explicativa 8

Al colocar el puntero sobre  se mostrará un mensaje de ayuda que podrá ser útil para el usuario a la hora de diligenciar dicha variable.

Una vez diligenciadas estas tablas se debe dar clic en la pestaña de “Cargas” la cual contiene la última tabla que se debe diligenciar para terminar con el proceso de cálculo de cargas.

	Tensión de Cortocircuito - Dirección Y (TC _y) [kN]	
	Carga de viento - Dirección X (V _x) [kN]	
	Carga de viento - Dirección Y (V _y) [kN]	
Barra Transmisión Inferior		
ELEMENTO	VARIABLE	MAGNITUD
Conexión	Altura respecto el equipo [m]	
	Tensión Mecánica - Dirección X (TM _x) [kN]	
	Tensión Mecánica - Dirección Y (TM _y) [kN]	
	Tensión Mecánica - Dirección Z (W) [kN] 	
	Tensión de Cortocircuito - Dirección X (TC _x) [kN]	
	Tensión de Cortocircuito - Dirección Y (TC _y) [kN]	
	Carga de viento - Dirección X (V _x) [kN]	
	Carga de viento - Dirección Y (V _y) [kN]	
		
Cargas ▼		

Fig. 11. Resultados imagen explicativa 9

Se muestra la siguiente tabla, la cual contiene unos valores por defecto dependiendo del país para el cual se planea hacer el diseño. El usuario decide si cambiar estos valores o dejarlos por defecto.

Combinaciones - Estabilidad										
Combinación	PP	CT	Vx	Vy	Ex	Ey	Ez	CC	AC	CMM
1	1	1								1
2	1	1	1							
3	1	1		1						
4	1	1	-1							
5	1	1		-1						
6	1	1			0.7	0.21	-0.7			
7	1	1			0.7	-0.21	-0.7			
8	1	1			0.21	0.7	-0.7			
9	1	1			-0.21	0.7	-0.7			
10	0.6	1			0.7	0.21	0.7			
11	0.6	1			0.7	-0.21	0.7			
12	0.6	1			0.21	0.7	0.7			
13	0.6	1			-0.21	0.7	0.7			
14	1	1						1	1	

Fig. 12. Resultados imagen explicativa 10

En la parte inferior de la tabla se pueden ver las siguientes opciones.

13	U.b	1			-0.21	U./	U./			
14	1	1						1	1	
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> + - <div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px 20px; border: 1px solid red; margin-left: 10px;">Calcular cargas</div> </div>										

Fig. 13. Resultados imagen explicativa 11

Las opciones de **+** **-** son para agregar y quitar combinaciones a la tabla y el botón azul “Calcular cargas” se encarga de generar la tabla de cargas que se muestra en la sección 1 y a partir de allí el procedimiento es el descrito en la sección 1.

Calcular cimientos		Calcular cargas			
Número de Combinaciones					
Cargas					
Combinaciones	Fuerza eje X [kN]	Fuerza eje Y [kN]	Fuerza eje Z [kN]	Mom. eje X [kN-m]	Mom. eje Y [kN-m]
1	10.00	0.00	-21.00	0.00	47.00
2	19.63	0.00	-21.00	0.00	90.84
3	10.00	5.22	-21.00	-22.59	47.00
4	0.37	0.00	-21.00	0.00	3.16
5	10.00	-5.22	-21.00	22.59	47.00
6	14.20	1.26	-25.83	-1.57	52.25
7	14.20	-1.26	-25.83	1.57	52.25
8	11.26	4.20	-25.83	-5.25	48.58
9	8.74	4.20	-25.83	-5.25	45.42
10	14.20	1.26	-7.77	-1.57	52.25
11	14.20	-1.26	-7.77	1.57	52.25

Fig. 14. Resultados imagen explicativa 12

Sección 3: Salidas

En esta sección se podrán ver las diferentes tablas con resultados, las gráficas, la información de cada anexo que se vaya a generar, el formulario para generar la memoria de cálculo y las tablas para incluir en el plano estandarizado de cimentaciones.

Procedimiento básico de iteración:

1. Una vez el usuario indica “Calcular y reportar resultados” debe:
2. Revisar si los esfuerzos admisibles y el volcamiento cumplen, si esto no ocurre, se deben cambiar dimensiones y volver a calcular. Cuando los resultados son satisfactorios.
3. Debe asignar refuerzo, es decir, realiza el diseño estructural
4. Luego debe indicar si aplica el refuerzo R7
5. Verificar que la información del “Anexo” esté acorde. Cada “Anexo” corresponde a cada tipo de equipo. Por ejemplo “Anexo 1 – cimentación de interruptor”, “Anexo 2 – cimentación del seccionador”, etc.

Finalmente, procede con el siguiente “Anexo” es decir, con el diseño del siguiente equipo.



Fig. 15. Resultados imagen explicativa 13

A continuación, se describen en detalle cada uno de los pasos:

Resultados Esf Adm. y FS Vol

En esta pestaña se mostrará una tabla que contiene todas las combinaciones con su respectiva información, además la combinación crítica se podrá identificar fácilmente ya que se resalta la columna de color azul claro.

Combinación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Zona de compresión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fuerza axial [kN]	-50.63	-52.13	-52.13	-52.13	-52.13	-52.58	-52.58	-51.68	-51.68	-52.58	-52.58	-51.68	-51.68	-52.13
Momento X [kN-m]	3.65	6.06	10.48	6.06	1.64	6.86	6.86	6.86	6.86	8.74	3.36	8.74	3.36	7.67
Momento Y [kN-M]	0.00	4.28	0.60	3.07	0.60	3.30	2.08	3.30	2.08	1.41	1.41	1.41	1.41	1.01
FS Eje X	9.37	5.81	3.36	5.81	21.51	5.17	5.17	5.08	5.08	4.06	10.57	3.99	10.39	4.59
FS Eje Y	NA	8.23	59.04	11.46	59.04	10.75	17.03	10.57	16.74	25.13	25.13	24.70	24.70	34.70
FS Mínimo	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Cumplimiento FS Eje X	Ok													
Cumplimiento FS Eje Y	NA	Ok												
ex [m]	0.00	0.08	0.01	0.06	0.01	0.06	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
ey [m]	0.07	0.12	0.20	0.12	0.03	0.13	0.13	0.13	0.13	0.17	0.06	0.17	0.06	0.15
Área efectiva de compresión [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Esfuerzo Punto 1 [kPa]	36.68	53.81	55.62	50.87	34.05	53.63	50.67	53.14	50.17	53.61	40.48	53.11	39.98	49.78
Esfuerzo Punto 2 [kPa]	36.68	32.95	52.72	35.89	31.14	37.54	40.50	37.04	40.01	46.72	33.59	46.23	33.10	44.83
Esfuerzo Punto 3 [kPa]	18.88	24.25	4.49	21.31	26.07	20.16	17.20	19.67	16.70	10.98	24.11	10.48	23.61	12.37
Esfuerzo Punto 4 [kPa]	18.88	3.40	1.58	6.34	23.16	4.07	7.03	3.57	8.54	4.09	17.22	3.60	18.73	7.42
Esfuerzo Punto 5 [kPa]	NA													
Carga admisible por el suelo [kPa]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Cumple carga admisible	NC													

Fig. 16. Resultados imagen explicativa 14

Las salidas se somborean para identificar más fácilmente alguno de los siguientes eventos:

- Evento 1. Si en alguna combinación de carga dispuesta alguno de los factores de seguridad por volcamiento (o ambos) o uno, o varios, de los esfuerzos transmitidos al

suelo son menores a los permisibles, el software señala el incumplimiento de la condición sombreando el respectivo valor de rojo “No cumple - NC”.

- Evento 2. Cuando la configuración generada por la combinación de carga pertenece a la zona de compresión 5 (zona donde la zapata trabaja a compresión en un área inferior al 50% del área horizontal total de la misma), el software sombrea de rojo las celdas de esfuerzos y señala la imposibilidad de cálculo con las palabras “No aplica - NA”.
- Evento 3. Si la fuerza vertical a nivel de desplante es positiva (fuerza de arrancamiento), toda la información de la columna correspondiente a dicha combinación de carga se sombrea de rojo (menos la celda donde se reporta la fuerza vertical) y se señala la imposibilidad de cálculo con las palabras “No aplica - NA”.
- Evento 4. El software señala automáticamente el caso de combinación de carga más crítico sombreando todas las celdas de información de color azul. Sin embargo, esta señalización particular no está exenta de ejecutar el evento 1 previamente señalado

Resultados diseño estructural

En esta pestaña se mostrará una tabla que contiene la combinación crítica con su respectiva información.

Resultados Esf Adm. y FS Vol.	Resultados Diseño Estructural	Localización carga vertical equivalente	Áreas a Compresión	Área a compresión crítica	Tablas para el plano
Anexo 1		Formulario para generar la memoria de cálculo			
*NC = No cumple y NA = No aplica					
Combinación crítica	3				
Zona de compresión	1				
Fuerza axial [kN]	-52.13				
Momento X [kN-m]	10.48				
Momento Y [kN-M]	0.60				
ex [m]	0.01				
ey [m]	0.20				
Área efectiva de compresión [%]	100.00				
Esfuerzo Punto 1 [kPa]	55.62				
Esfuerzo Punto 2 [kPa]	52.72				
Esfuerzo Punto 3 [kPa]	4.49				
Esfuerzo Punto 4 [kPa]	1.58				
Esfuerzo Punto 5 [kPa]	NA				

Fig. 17. Resultados imagen explicativa 15

En esta tabla también se encuentra la opción de elegir un tipo de barra para la zapata y de esta manera saber la cantidad y las distancias a las cuales se deben poner.

Cuantía de acero inferior dirección X	0.0018
Área de acero inferior dirección X [cm2]	7.90
Barras de acero inferiores dirección X	Tipo de barra
Momento positivo dirección Y [kN-m]	0.00
Cuantía de acero superior dirección X	0.0018
Área de acero superior dirección X [cm2]	7.90
Barras de acero superiores dirección X	Tipo de barra
Momento negativo dirección X [kN-m]	4.25
Cuantía de acero inferior dirección Y	0.0018
Área de acero inferior dirección Y [cm2]	7.90
Barras de acero inferiores dirección Y	Tipo de barra
Momento positivo dirección X [kN-m]	0.00
Cuantía de acero superior dirección Y	0.0018
Área de acero superior dirección Y [cm2]	7.90

Fig. 18. Resultados imagen explicativa 16

Si el tipo de barra elegido representa error en la distancia mínima entre barras, se alerta al usuario con un mensaje en la parte superior de la pantalla y se pone rojo el fondo de la casilla elegida, como se muestra en la siguiente imagen:

Cuantía de acero inferior dirección X	0.0018
Área de acero inferior dirección X [cm2]	7.90
Barras de acero inferiores dirección X	25 N*2 @ 4cm
Momento positivo dirección Y [kN-m]	0.00
Cuantía de acero superior dirección X	0.0018
Área de acero superior dirección X [cm2]	7.90
Barras de acero superiores dirección X	Tipo de barra
Momento negativo dirección X [kN-m]	4.25

Fig. 19. Resultados imagen explicativa 17

Primero se muestra el mensaje y luego se pone el fondo rojo:

Barras de acero inferiores dirección X

3 N°6 @ 71cm

Fig. 20. Resultados imagen explicativa 18

En la parte inferior de la tabla se encuentra un selector que, al modificarlo, se le aplica el cambio a todos los selectores de tipo de barra para todas las direcciones de la zapata.

Barras de acero inferiores dirección X	25 N°2 @ 4cm	←
Momento positivo dirección Y [kN-m]	0.00	
Cuantía de acero superior dirección X	0.0018	
Área de acero superior dirección X [cm2]	7.90	
Barras de acero superiores dirección X	25 N°2 @ 4cm	←
Momento negativo dirección X [kN-m]	4.25	
Cuantía de acero inferior dirección Y	0.0018	
Área de acero inferior dirección Y [cm2]	7.90	
Barras de acero inferiores dirección Y	25 N°2 @ 4cm	←
Momento positivo dirección X [kN-m]	0.00	
Cuantía de acero superior dirección Y	0.0018	
Área de acero superior dirección Y [cm2]	7.90	
Barras de acero superiores dirección Y	25 N°2 @ 4cm	←
Área de acero de pedestal [cm2]	26.25	
Barra de acero para pedestal	Tipo de barra	↓
Tipo de barra para todas las direcciones de la zapata: N°2 ↓		

Fig. 21. Resultados imagen explicativa 19

También se podrá elegir el tipo de barra para el pedestal:

Área de acero de pedestal [cm2]	26.25
Barra de acero para pedestal	14 N°5 ↓

Fig. 22. Resultados imagen explicativa 20

Resultados gráficos

En la pestaña de “Localización carga vertical equivalente” se muestra la siguiente gráfica:

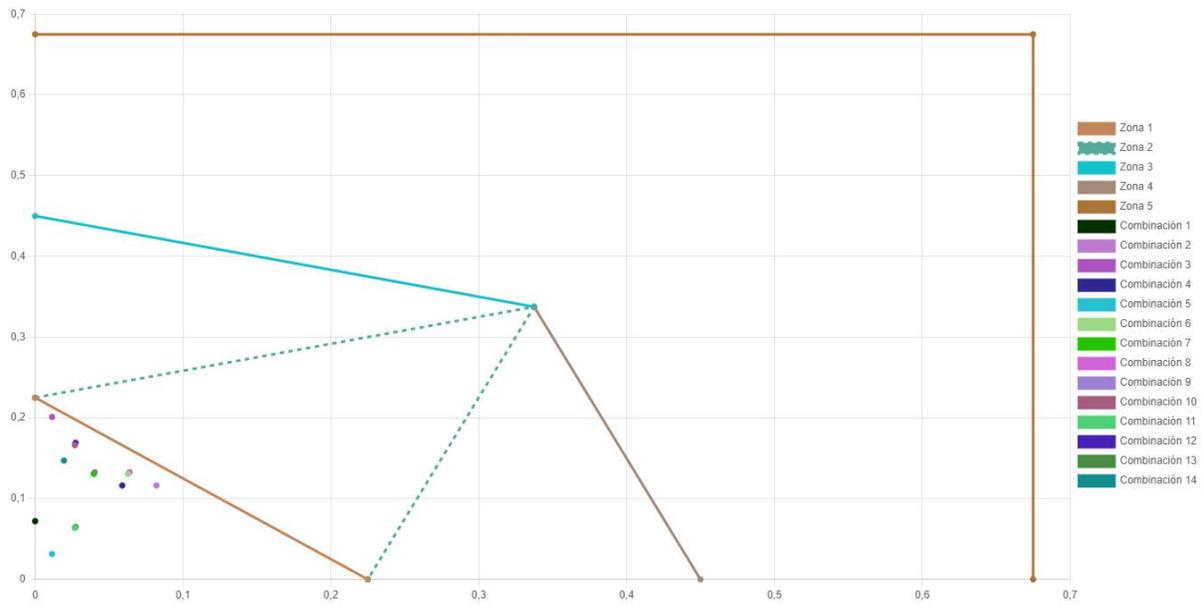


Fig. 23. Resultados imagen explicativa 21

Con esta gráfica se puede interactuar dando clic en alguna de las zonas o combinaciones que se encuentran al lado derecho de la imagen.

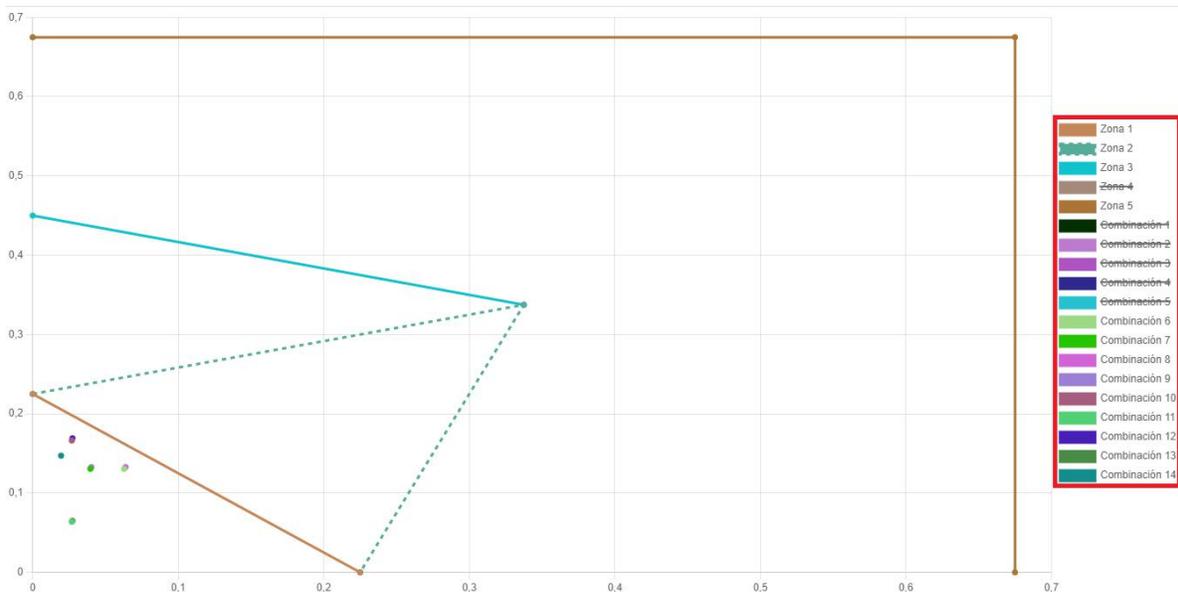


Fig. 24. Resultados imagen explicativa 22

Se puede ver que al darle clic desaparece su representación en la gráfica, esto puede ser útil para ignorar algunos valores si se requiere analizar de mejor manera algún dato en específico.

Lo mismo ocurre con las otras dos pestañas de “Área a Compresión” y “Área a compresión crítica”.



Fig. 25. Resultados imagen explicativa 23

Anexos

Estas pestañas se generan automáticamente cada vez que se quiere hacer un nuevo cálculo y guardar el que se estaba haciendo, en su interior se encuentra toda la información referente al equipo que se está diseñando, que a su vez se mostrará también en la memoria de cálculo, cada anexo es una cimentación según el tipo de equipo.

Interruptor de potencia - 500 kV

FUERZAS Y MOMENTOS CON SISTEMA DE REFERENCIA EN LA PARTE SUPERIOR DE LOS PEDESTALES

Combinaciones	Fuerza eje X [kN]	Fuerza eje Y [kN]	Fuerza eje Z [kN]	Mom. eje X [kN-m]	Mom. eje Y [kN-m]
Combinación 1	0	-0.57	4.35	2.85	0
Combinación 2	-1.09	-0.95	2.85	4.73	-2.75
Combinación 3	-0.09	-2.06	2.85	7.6	-0.47
Combinación 4	0.9	-0.95	2.85	4.73	1.81
Combinación 5	-0.09	0.16	2.85	1.86	-0.47
Combinación 6	-0.7	-1.13	2.4	5.28	-2.32
Combinación 7	0.51	-1.13	2.4	5.28	1.37
Combinación 8	-0.7	-1.13	3.3	5.28	-2.32
Combinación 9	0.51	-1.13	3.3	5.28	1.37
Combinación 10	-0.28	-1.55	2.4	6.57	-1.02
Combinación 11	-0.28	-0.34	2.4	2.88	-1.02
Combinación 12	-0.28	-1.55	3.3	6.57	-1.02

Fig. 26. Resultados imagen explicativa 24

Tablas para el plano

En esta pestaña se encontrarán las tablas que se podrán descargar para ser agregadas al plano, sin embargo, inicialmente se visualizará una imagen explicativa y un pequeño formulario que se debe diligenciar cada que se genere un nuevo anexo si se quiere agregar R7 a dicho anexo. Si no se quiere agregar no es necesario responder al formulario, ya que, si no se responde, por defecto se toma como que el usuario no desea agregar R7 al anexo.

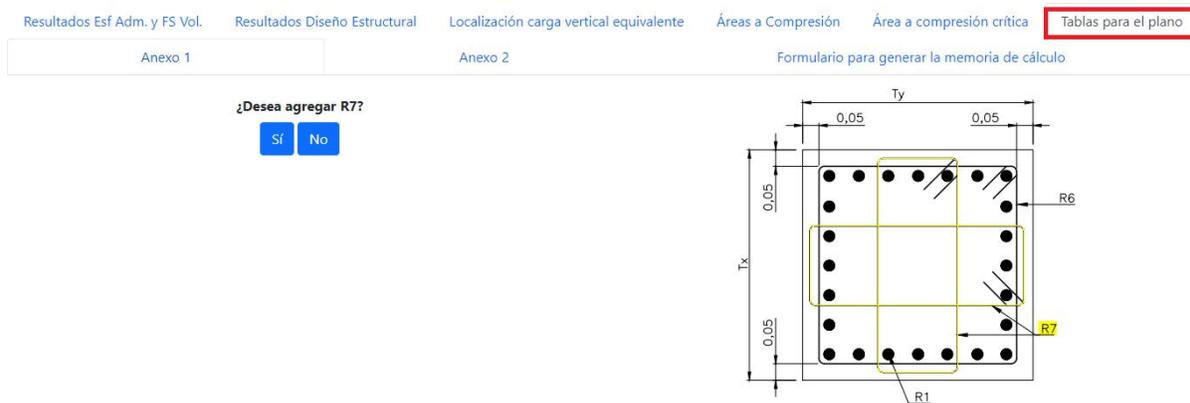


Fig. 27. Resultados imagen explicativa 25

Si se desea agregar R7 se debe especificar el número de estribos y amarres internos que llevará el pedestal.

¿Desea agregar R7?

Cuantos estribos interiores de 3/8" lleva el pedestal

Cuantos amarres interiores lleva el pedestal

Fig. 28. Resultados imagen explicativa 26

Si se da clic en “No” o en “Aceptar” se muestran las tablas con sus respectivos resultados. En la columna R7 se pueden ver los dos casos, cuando se agrega R7 y cuando no se agrega.

CUADRO DE DIMENSIONES - PATIO 500 kV / 115 kV													
Formulario para generar la memoria de cálculo													
EQUIPO	LOSA DE FUNDACIÓN												
	CANTIDAD DE ZAPATAS	Lx	Cx	Ly	Cy	D	E	Sx	Sy	Ax	Ay	(Tx) \times (Ty)	CANTIDAD DE PEDESTALES POR ZAPATA
Interruptor de potencia - 500 kV	1.35	0.30	1.35	0.30	1.4	0.4						0.75x0.75	1
Seccionador tipo rotación central - 500 kV	2.5	0.70	2.5	0.70	1.7	0.4						1.1x1.1	1.00

CUADRO DE DESPIECE - PATIO 500 kV / 115 kV									
EQUIPO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
	REFUERZO VERTICAL	REFUERZO INFERIOR	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR	REFUERZO SUPERIOR				
Interruptor de potencia - 500 kV	3@3/8" U.E. L=2.20 0.20 0.20 1.80	7 @1/2" U.E. L=1.60 0.20 0.20 1.20	8 EST. @3/8" U.E. L=2.80 0.65 0.65 0.65		x2=10 @3/8" U.E. L=1.05 0.20 0.20 0.65	2 @3/8" U.E. L=2.80 0.65 0.65 0.65			
Seccionador tipo rotación central - 500 kV	8@3/8" U.E. L=2.50 0.20 0.20 2.10	8 @5/8" U.E. L=2.74 0.20 0.20 2.34	10 EST. @3/8" U.E. L=4.20 1.00 1.00 1.00		3x2=6 EST. @3/8" U.E. L=2.92 0.36 0.36 1.00	2 @3/8" U.E. L=4.20 1.00 1.00 1.00			

Fig. 29. Resultados imagen explicativa 27

Es importante tener en cuenta que el usuario debe especificar para la tabla de “Cuadro de dimensiones” la cantidad de zapatas, Sx, Sy, Ax y Ay.

CUADRO DE DIMENSIONES - PATIO 500 kV / 115 kV													
Formulario para generar la memoria de cálculo													
EQUIPO	LOSA DE FUNDACIÓN												
	CANTIDAD DE ZAPATAS	Lx	Cx	Ly	Cy	D	E	Sx	Sy	Ax	Ay	(Tx) \times (Ty)	CANTIDAD DE PEDESTALES POR ZAPATA
Prueba		1.35	0.30	1.35	0.30	1.4	0.4					0.75x0.75	1

Fig. 30. Resultados imagen explicativa 28

Al final de la pestaña se encuentra el botón de “Exportar tablas”, el cual al darle clic se descarga un archivo de Excel con las tablas para el plano.



Fig. 31. Resultados imagen explicativa 29

Hacer otros cálculos

En cualquier momento se contará con la opción de hacer otro cálculo. Al final de cada pestaña se encuentran los botones “Hacer cálculos para un nuevo anexo” y “Hacer otros cálculos sin guardar este anexo”.



Fig. 32. Resultados imagen explicativa 30

El cual nos devuelve a la vista donde se puede interactuar con la sección 1 y sección 2, para finalmente generar un nuevo anexo.

Formulario para generar la memoria de cálculo

En este formulario se debe diligenciar si se quiere generar la memoria de cálculo ya que contiene información necesaria para el mismo, esto solo se realiza cuando se han generado todos los anexos de la memoria (Es decir, el diseño de todos los tipos de cimentaciones de equipos).

Nota importante:

Cuando se generan más de 2 anexos, es decir, se tienen 2 tipos de cimentaciones diferentes; en el texto de la memoria de cálculo queda registrada la información de profundidad de desplante, resistencia del concreto y recubrimiento del concreto del último anexo realizado; esto debido a que en la mayoría de los casos los valores son iguales para todas las cimentaciones de equipos de una misma subestación. Si por algún motivo los valores son diferentes en cada anexo, el usuario deberá expresarlo en la memoria de cálculo.

Resultados Esf. Adm. y FS Vol. Resultados Diseño Estructural Localización carga vertical equivalente Áreas a Compresión Área a compresión crítica Tablas para el plano

Anexo 1 Anexo 2 Formulario para generar la memoria de cálculo

*Tener en cuenta las mayúsculas y minúsculas ya que se verán exantamente igual en la memoria de calculo exportada.

Nombre del proyecto:
Ejemplo: INGENIERÍA DE DETALLE – ENLACE 500KV MANTARO – NUEVA YANANGO – CARAPONGO Y SUBESTACIONES ASOCIADAS

Código del entregable:
Ejemplo: CO-CARR-DISE1-S-01-D1114-V0 .docx

Elaborado por:
Ejemplo: SGB

Revisado por:
Ejemplo: SGB

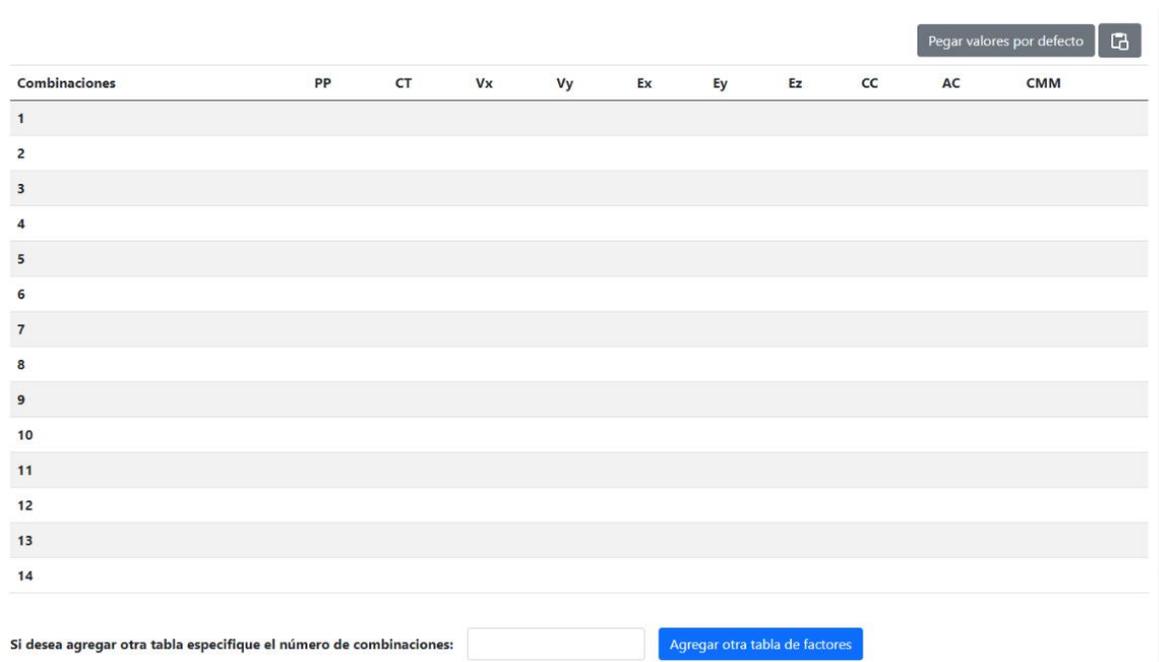
Validado por:
Ejemplo: SGB

Nombre de la subestación:
Ejemplo: ampliación de la subestación Colcabamba 500 kV

Fig. 33. Resultados imagen explicativa 31

Dentro del formulario se puede encontrar la siguiente tabla, la cual hace referencia a los factores de cada anexo, generalmente se usa la misma tabla para todos los anexos, sin embargo, se cuenta con la opción de agregar más tablas y especificar a cuál anexo se refiere. La tabla también tiene la herramienta de pegar datos si se tienen en una tabla de Excel o de Word, además de esto, tiene la opción de pegar unos valores por defecto, los cuales se usan muy comúnmente.

Cada anexo hace referencia a un calculo diferente hecho para un diseño de cimentación en específico.



The screenshot shows a software interface with a table of combinations and a button to add more factors. The table has columns for 'Combinaciones', 'PP', 'CT', 'Vx', 'Vy', 'Ex', 'Ey', 'Ez', 'CC', 'AC', and 'CMM'. The rows are numbered 1 through 14. At the top right, there is a button labeled 'Pegar valores por defecto' with a copy icon. At the bottom, there is a text input field with the label 'Si desea agregar otra tabla especifique el número de combinaciones:' and a blue button labeled 'Agregar otra tabla de factores'.

Fig. 34. Resultados imagen explicativa 32

Más abajo en el formulario se encuentra la opción de agregar más referencias internas:

Referencias internas

Ingrese el código del estudio correspondiente para este proyecto:

Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-00-D1101	Criterios de diseño - Obras civiles
Ejemplo: PC1/D/TI/EMS-HMV/COL	Estudio geotécnico de la subestación
Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-D1512	Memoria guía de obra Civil para diseño de cimentaciones de equipos
Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-K1110	Cimentaciones - Planta general

Agregar otra referencia interna



Fig. 35. Resultados imagen explicativa 33

Al darle clic a este botón se genera un pequeño formulario con dos incógnitas para especificar el código y nombre de dicha referencia.

Referencias internas

Ingrese el código del estudio correspondiente para este proyecto:

Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-00-D1101	Criterios de diseño - Obras civiles
Ejemplo: PC1/D/TI/EMS-HMV/COL	Estudio geotécnico de la subestación
Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-D1512	Memoria guía de obra Civil para diseño de cimentaciones de equipos
Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-K1110	Cimentaciones - Planta general

Código de la referencia: 

Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-K1110

Nombre de la referencia: 

Ejemplo: Cimentaciones - Planta general

[Agregar otra referencia interna](#)*Fig. 36. Resultados imagen explicativa 34*

Al final del formulario se encuentra el botón “Exportar documento”, el cual al darle clic se descarga un archivo .docx

Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-K1110	Cimentaciones - Planta general
Código de la referencia:	
Ejemplo: PE-COYA-08Z01-S-06-K1110	
Nombre de la referencia:	
Ejemplo: Cimentaciones - Planta general	
Agregar otra referencia interna	
	
Exportar documento	

Fig. 37. Resultados imagen explicativa 35

A continuación se puede ver el diagrama de flujo del aplicativo:

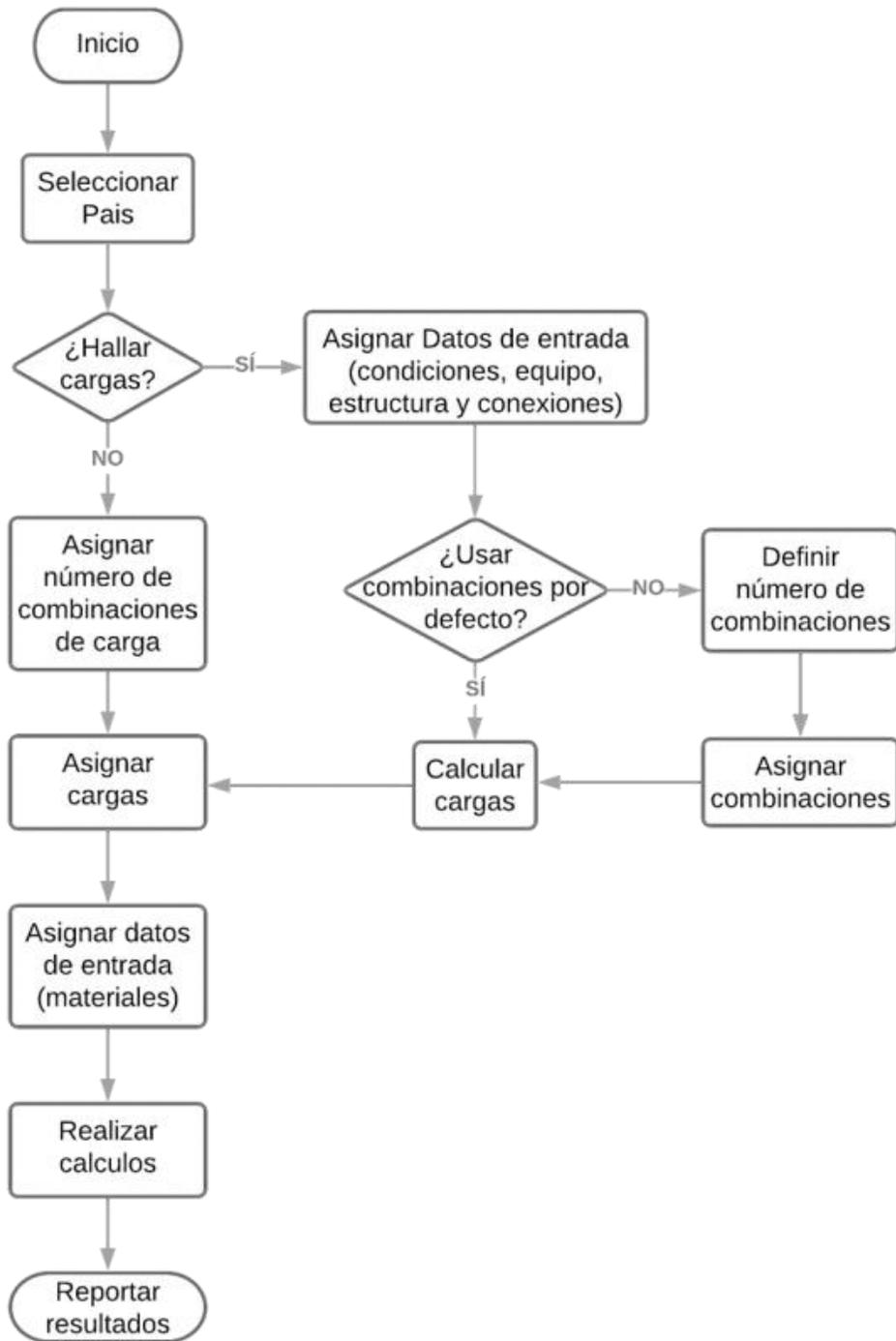


Fig. 38. Diagrama de flujo del aplicativo
(Elaboración propia)

VI. CONCLUSIONES

- Se logró automatizar el aplicativo de cálculo existente encargado del diseño de cimentaciones de equipos de patio para subestaciones y líneas de transmisión.
- Con ayuda de ejemplos prácticos se probó la aplicación vieja y se entendió el flujo de uso común.
- Teniendo en cuenta las necesidades del usuario se planteó una arquitectura en JS, HTML y CSS ya que se planeaba colocar la app en un servidor web.
- Una de las partes más difíciles del proyecto fue analizar a profundidad el código de la herramienta existente, y migrar este mismo a JS, ya que trabajar con código ajeno en un lenguaje nuevo para mí y sin manual técnico dificulta mucho el proceso.
- Se realizaron muchas pruebas con los usuarios que van a usar la aplicación y se pudo concluir que esta cuenta con una interfaz amigable e intuitiva para el usuario.

REFERENCIAS

- [1] Excel 2019 | Características de la última versión de Excel 2019 | Excel. Just EXW. Consultado el 25 de agosto de 2021.
- [2] Padín, Lucas. Macros en Excel. USERSHOP, 2008.
- [3] De Jalón, Javier García, José Ignacio Rodríguez, and Alfonso Brazález. "Aprenda Visual Basic 6.0." San Sebastián 1999.
- [4] Prescott, Preston. HTML 5. Babelcube Inc., 2015.
- [5] Schulz, Ralph G. Diseño web con CSS. Marcombo, 2008.
- [6] Pérez, Javier Eguíluz. Introducción a JavaScript. 2019.
- [7] Solanas, Antoni, and Vicenta Olivera. "Bootstrap: fundamentos e introducción a sus aplicaciones." Anuario de psicología/The UB Journal of psychology 1992.
- [8] Gothelf, Jeff, Josh Seiden, and Eric Ries. Lean UX: cómo aplicar los principios Lean a la mejora de la experiencia de usuario. Universidad Internacional de La Rioja, 2014.
- [9] Cyril Auburtin. (Last Updated: 2021) Chart.js. <https://github.com/chartjs/Chart.js>