1. INTRODUCCIÓN

El GPS se define como un sistema global de navegación por satélites (GNSS) que permite fijar a escala mundial la posición de cualquier objeto sobre la superficie terrestre. No obstante, los datos recibidos de parte de los satélites presentan errores en la precisión de los datos entregados y es por esto por lo que se han desarrollado nuevas técnicas diferenciales (DGPS) las cuales son alternativas que permiten mejorar la precisión en las posiciones obtenidas (Sánchez, 2010).

Según Pozo, Ribeiro, García, García, Guinea y Sandoval (2010), el DGPS consiste en proporcionar a los receptores, correcciones de los datos recibidos de los satélites, con el objetivo de obtener una mayor precisión en la posición calculada (postproceso). Se concibió fundamentalmente debido a la introducción de la degradación de la señal de manera intencional por los creadores del sistema (disponibilidad selectiva, o SA en su acrónimo en inglés); sin embargo, estos dispositivos entregan una alta precisión (submétrica o en centímetros) a la vez que el alto costo para adquirir uno de ellos, hace que su mercado objetivo se encuentre dedicado exclusivamente a labores en las que se requiera una alta precisión en la lectura de coordenadas.

Bajo esta situación, los dispositivos o navegadores que serán utilizados para la lectura de coordenadas en el desarrollo de este Plan Piloto serán realizada a través de dispositivos móviles tradicionales (celulares) o en su defecto, navegadores que permitan la lectura de señales tipo GPS cuya precisión máxima sea de ±3 metros en condiciones climáticas meteorológicas ideales.

2. ANTECEDENTES

Mediante el requerimiento de la Contraloría General de la República No. 2022EE0038641 cuya referencia es: Primer Requerimiento – Solicitud actualización información Matriz de seguimiento de obras, mediante el cual se realiza la solicitud de información georreferenciada y con atributos para el seguimiento de los proyectos de obra en ejecución registrados en la matriz CGR-DIARI.

Que, la Dirección Técnica y de Estructuración solicitó información mediante el memorando circular No. DTE 19414 del 18 de marzo de 2022 con el fin de atender el mencionado requerimiento y de esta forma, brindar a la Subdirección de Planificación de Infraestructura de la Entidad, los insumos necesarios que permitieran procesar la información según lo indicado por la Contraloría General de la República, en adelante CGR.

Que, de acuerdo con lo antes manifestado, se celebraron mesas de trabajo adelantadas el viernes 18 de marzo de 2022 entre la Dirección de Ejecución y Operación, Subdirecciones y Gerencias adscritas para revisar los puntos antes citados.

Que, de acuerdo con lo mencionado, se requería que para los contratos que hacen parte de la matriz de la DIARI, se remita la información georreferenciada y la tabla de atributos, de alguna de las siguientes maneras:

1. Geometría en formato Shapefile (nube de puntos), en extensión SHP.
2. Coordenadas de inicio y fin, que estén sobre un eje vial existente en Hermes, en formato xlsx. (Sistema de coordenadas WGS84).
3. Punto inicio en formato: VÍA, PR_INICIAL, DISTANCIA_INICIAL. Punto fin en formato: VÍA, PR_FINAL, DISTANCIA_FINAL.
   Ambos datos en formato xlsx, donde cada dato corresponda a una columna.

Que, como respuesta a lo solicitado por la CGR, la Entidad, precisó lo siguiente:

"(…) Frente al tema cabe precisar que desde esta unidad ejecutora se han venido indicando los PR Iniciales y finales (puntos de Referencia de los alcances de los contratos para que desde la Dirección Técnica y de Estructuración se saquen las coordenadas magna sirgas, de acuerdo con los puntos de referencia establecidos en el anexo técnico).

Respecto a este nuevo requerimiento de la Contraloría, se debe precisar que de acuerdo con el Manual de Interventoría del invias tanto el anterior como el actualizado adoptados mediante las Resoluciones 9337 del 30 de diciembre de 2016 y la actualización del manual de interventoría vigente a partir del 1 de febrero de 2022, Resolución 319 del 26 de enero de 2022, estableciendo esta última lo siguiente frente a su aplicación:

"ARTÍCULO SEGUNDO: El Manual de Interventoría de Obra Pública que se adopta por el presente acto administrativo, aplica para todos los contratos de obra e interventoría de obra que suscriba el Instituto Nacional de Vías a partir de su entrada en vigor, así como, para los contratos de obra e interventoría de obra suscritos por la Entidad con anterioridad a su entrada en vigor en lo que hace relación a asuntos de carácter procedimental" (negrillas fuera del texto).

Cabe precisar que este último solo aplica para los contratos anteriores al 1 de febrero de 2022 en los aspectos formales, no se puede aplicar frente a aspectos sustanciales, es decir crear o extinguir obligaciones.

Sin embargo, tanto el manual de interventoría de 2016 como el actualizado, la obligación del contratista y de la interventoría en este aspecto se regula de forma similar. Luego lo que es exigible al contratista y la interventoría es lo siguiente conforme al No 8.3 "OBLIGACIONES Y FACULTADES DE LA INTERVENTORÍA" del manual de interventoría del invias que establece:
(…) "Planos Récord

Exigir al Contratista de obra la elaboración y entrega de los planos definitivos de la obra construida, los cuales deben incluir todas las actualizaciones realizadas durante la ejecución del contrato, los cuales deben estar aprobados como requisito previo para la suscripción del Acta de Entrega y Recibo Definitivo de la Obra.

Dicha información debe contener lo siguiente:
*(…) * Formato de Entrega: Se debe realizar bajo el formato Shapefile (extensión .shp) de acuerdo con cada*
una de las temáticas.

* *Sistema de Coordenadas: Debe corresponder al Sistema de Coordenadas Geográfica DÁTUM MAGNA*
– SIRGAS (EPSG: 4686) oficial para Colombia de acuerdo con lo definido en la Resolución IGAC No. 068 de 2005.

* *Coordenadas: Para Latitud y Longitud se deben indicar en grados sexagesimales.*
* *Cotas: Se deben indicar en metros sobre el nivel del mar.*
* *Precisión: Esta debe ser considerada como inferior a un (1) metro.*
* *Topología: Se debe garantizar las reglas mínimas de Topología (no superposición, conectividad, no duplicidad de Información, etc.)*

**Medio de entrega: La entrega se debe hacer a la Subdirección de Estudios e Innovación en medio magnético." (…)*

Frente a la actualización del Manual, esta obligación se establece en forma similar de la siguiente manera:

(…) 39. Planos Récord o Planos Asbuilt

Aprobar los planos récord elaborados por el Contratista acorde con la ejecución final de las obras. Corresponde a la Interventoría verificar la obligatoriedad de la elaboración de los planos récord o planos asbuilt de conformidad con el alcance de las obras contratadas (…)

(…) Exigir al Contratista de obra la presentación del oficio radicado ante la Subdirección competente de la Dirección Técnica y de Estructuración solicitando la certificación referente a que el modelo de datos utilizado para la elaboración de los Planos Récord es compatible y consistente con el Sistema de Información Geográfica (SIG); oficio que debe relacionarse y anexarse como requisito para la suscripción del Acta de Visita Previa a la Entrega y Recibo Definitivo de la Obra.

Una vez aprobados los planos récord, la Interventoría debe entregar oportunamente a la Subdirección competente de la Dirección Técnica y de Estructuración la información contenida en el modelo de datos (enlace https://hermes.invias.gov.co/geiv/ o el que indique la Subdirección competente de la Dirección Técnica y de Estructuración) en medio magnético (formato Shapefile) con el fin de actualizar el Geoportal del INVIAS. En todo caso para la entrega de los planos con destino a su archivo final, debe tenerse en cuenta los lineamientos que determine la Entidad a través de las dependencias competentes encargadas de administrar y custodiar los expedientes contractuales. (…).

Teniendo en cuenta que un alto porcentaje de los contratos reportados a la DIARI se encuentran en ejecución, a la fecha no se tiene la información referente con la Geometría en formato Shapefile (nube de puntos), en extensión SHP de los proyectos. Esta información solo se tendrá al finalizar cada uno de los contratos, con los planos definitivos de la obra construida (…)"

Es así, como se indicó que solo se podían seguir reportando las coordenadas asociadas a los Puntos de Referencia de inicio y fin de los proyectos que se encuentran en ejecución y que la Subdirección Planificación de Infraestructura era la encargada reportar dichas coordenadas mediante el sistema WGS84.

Finalmente, se mencionó que la información relacionada con la georreferenciación de los contratos que se encuentran finalizados debe de ser reportadas por la Subdirección de Planificación de Infraestructura toda vez que, según lo mencionado por el Manual de Interventoría aplicable, son ellos quienes tienen la función asignada y la experticia para realizar el reporte de dicha información.

Que posteriormente y mediante el requerimiento de la Contraloría General de la República No. 2022EE0131519 cuya referencia es: Solicitud Actualización formatos de reporte y soportes documentales – Obras de Infraestructura, la Contraloría solicita el diligenciamiento de las matrices adjuntas al comunicado y en las cuales se incluyen las coordenadas mediante puntos conocidos como vértices los cuales se ubicarán de forma consecutiva a lo largo de todo el corredor vial.

3. PLAN DE ACCIÓN

a) Realizar el levantamiento de las coordenadas de aquellos puntos relacionados con los frentes de obra que se tienen en los proyectos de cada Unidad Ejecutora; dichos puntos serán descritos como vértices y su levantamiento será realizado mediante navegadores (GPS con error de precisión de ±3 metros) o dispositivos móviles (celulares).

b) A partir de los informes de Interventoría, reportar de forma periódica las coordenadas que identifiquen vértices o frentes de obra activos. Estas se reportarán mediante el sistema WGS84.

c) Retroalimentar y corregir el reporte de dichas coordenadas, mediante mesas de trabajo realizadas con la Contraloría.

4. NAVEGADORES Y DISPOSITIVOS GPS DE ALTA PRECISIÓN

A continuación, se realizará una breve guía sobre el uso de un navegador GPS. La configuración estará referida para el territorio Nacional. En la descripción, se realizará el ejemplo para la configuración de un equipo Garmin, pero en general son los mismos en otras marcas. Luego de indicar la configuración, se describirá la operación básica de toma de puntos y otros aspectos.

No obstante, existen aplicaciones móviles que permiten la lectura de coordenadas geográficas o coordenadas planas, entregando los datos con un margen de precisión de ± 3 metros; esta precisión, depende de las condiciones de:

Receptores GPS: los dispositivos conocidos como GPS, en realidad son receptores de la señal satelital. Por esta razón, los dispositivos pueden ser clasificados como: a) navegadores y b) GPS submétricos; los primeros son los más comunes en el mercado y por medio de ellos, podemos obtener localizaciones con una precisión máxima de ±3 metros. Por otra parte, se encuentran los GPS submétricos en los cuales se obtienen localizaciones con errores de pocos centímetros, pero su tiempo de operación y procesamiento son mucho mayores. Estos equipos no son tan comunes como los navegadores o como los dispositivos móviles toda vez que su costo de adquisición es mucho más elevado.

Precisión: sobre este punto es importante detallar que existen estándares cartográficos que asumen que el máximo desplazamiento de los puntos tomados con la ayuda de navegadores será de 0,5 mm. No obstante, los navegadores comerciales que se consiguen en el mercado y los dispositivos móviles o celulares cuentan con una precisión máxima de ±3 metros.

Por esta razón, estos navegadores o dispositivos móviles no son adecuados para realizar levantamientos en escalas detalladas como 1:5.000, 1:2.500 o mayores, toda vez que a manera de ejemplo: a) un mapa a escala 1:25.000 y b) un desplazamiento máximo de 1/2 milímetro obtendríamos que un (1) milímetro en el mapa, representa 25 metros en el terreno. Así que el error (1/2 mm) será de 12,5 metros., es decir, que cualquier objeto ubicado en ese mapa estará representado en campo con una posición relativa de 12,5 metros a la redonda.

Bajo esta situación, los puntos tomados con ±3 metros de margen de error servirán en ese caso como referencia para localizar el sitio de trabajo, pero no para la ubicación precisa de puntos de referencia tales como un árbol, un poste, entre otros. En caso de requerir ese nivel de precisión, es necesario contar con un equipo de alta precisión como los GPS submétricos. Es un error bastante común tomar puntos sin considerar el error de precisión o sin haber calibrado el equipo y por tal motivo, es necesario contar con una comisión que realice topografía de detalle con el objetivo de realizar el levantamiento de los puntos de interés.

Configuración dispositivos: Una vez encendido el dispositivo de GPS podrá visualizar una interfaz o pantalla que aparece el menú principal donde podrá configurar las unidades, el sistema de coordenadas, proceder a la calibración y otras opciones.

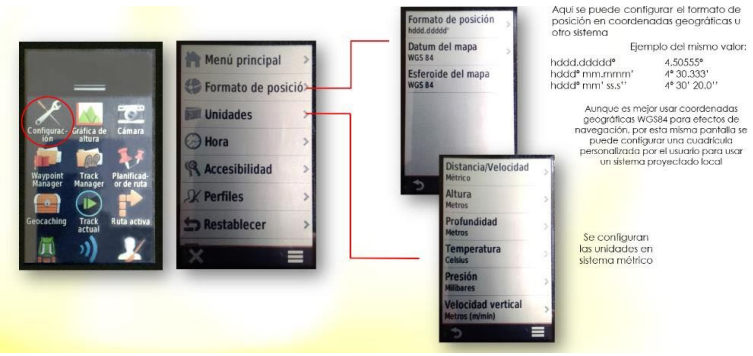


Imagen 1 Configuración de unidades y sistema de coordenadas.

Desde el menú principal se ingresa al ítem configuración (set up), posteriormente a unidades y se establecen los siguientes valores:

i. Distancia / Velocidad: métrico.
ii. Altura: metros.
iii. Presión: milibares.
iv. Vel / m: m/min.

Posteriormente en Datum se establece el sistema de coordenadas. En este paso es necesario establecer el sistema de coordenadas WGS84 que representa el sistema propio en el cual trabaja la red GPS y que permite obtener los datos de latitud y longitud. Luego, en el Formato de posición se deberá de definir el formato en el cual se entregarán las coordenadas de los puntos que han sido tomados. Para escoger los valores de grados decimales, deberá escoger la opción grados (hddd.ddddd).

Calibración: este procedimiento debe ser realizado cada vez que se inicie una jornada de toma de puntos y es necesario para calibrar el altímetro y el compás electrónico.

Calibración de altímetro: algunos dispositivos cuentan con la calibración automática de este sensor, mientras que, en otros, la configuración es manual. Para ello, debe ir a menú principal, configuración, calibración, altímetro. En caso de conocer la altitud del sitio en el cual está ubicado, puede ingresarla, de lo contario, deberá escoger la opción que indique que el valor es desconocido para que el equipo la calcule. Si el dato calculado por el equipo no es un valor razonable, deberá volver a ejecutar la calibración.



Imagen 2 Calibración de altímetro.

Calibración de brújula: para realizar este proceso, deberá dirigirse al menú principal, configuración, rumbo y calibrar brújula. En este apartado, el equipo le solicitará girar el aparato en el sentido horizontal barriendo una misma dirección o si, por el contrario, el GPS cuenta con una brújula de tres (3) ejes, deberá de girar el equipo en el sentido horizontal, vertical y transversal.



Imagen 3 Calibración de brújula.

Toma de un punto: una vez calibrado y configurado el navegador, nos dirigimos al menú principal, satélites. En este punto, debemos esperar hasta que obtenga la señal de al menos cuatro (4) satélites para tener una posición horizontal y altitudinal de buena precisión. Una vez se tengan los satélites suficientes para la toma de coordenadas, aparecerá un valor de precisión indicado en metros (±3m, ±4m, ±5m…). Al contar con la precisión requerida, podemos proceder a la toma de puntos.

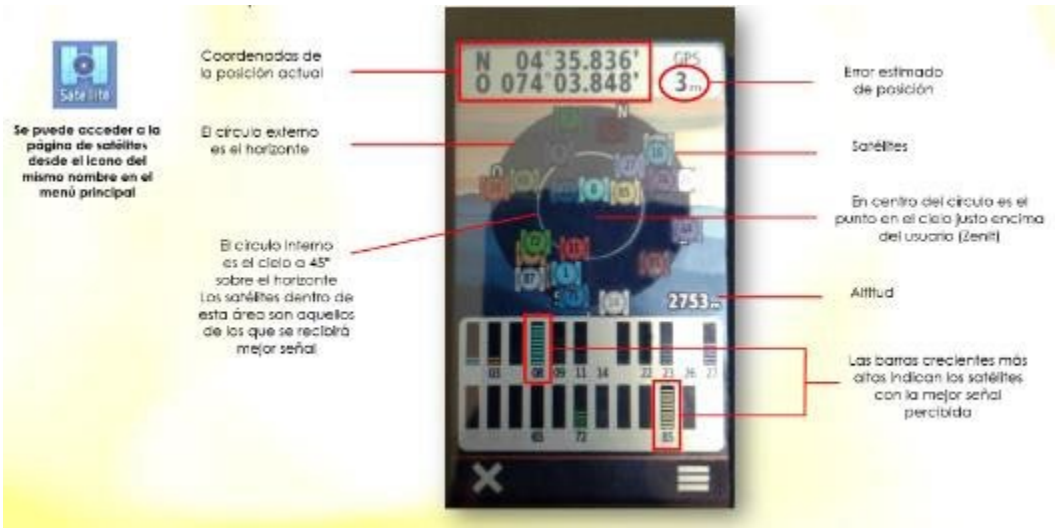


Imagen 4 Interfaz de satélites para la toma de puntos.

Una vez se cuente con la precisión requerida (recomendable ±3m), se procede con la opción para marcar el punto, lo cual puede realizarse directamente desde algunos de los botones del dispositivo o en su defecto siguiendo la ruta menú principal, marcar. Luego de presionar OK el punto quedará almacenado.



Imagen 5 Marcar un punto y encontrar puntos guardados.

Bajo esta situación, todas las coordenadas que deben de ser registradas en la matriz anteriormente mencionada, deberá ser diligenciada con las coordenadas recolectadas en campo por equipos receptores de GPS o en su defecto, por dispositivos móviles tradicionales tipo smartphones que permita la toma de coordenadas geográficas mediante el uso de aplicaciones móviles que permita la recolección de la información con una precisión de ±3 metros, toda vez que un margen de error mayor a los ±10 metros, representa un margen mayor.

5. DILIGENCIAMIENTO DE LA MATRIZ

Los datos deberán ser tomados, almacenados y reportados de acuerdo con las disposiciones establecidas por la CGR a través de la matriz que se encuentra como anexo al presente documento. Esta matriz deberá de tener una fila por cada frente de obra activo en el mes que se está reportando. Ésta se compone de los siguientes datos:

a) ID: Número único de identificación del proyecto (Puede ser la combinación de varios campos que lo identifiquen como registro único. El campo puede contener números, texto y solo caracteres especiales como el guion o raya al piso.

- Requisitos: El campo puede contener números, texto y solo caracteres especiales como el guion o raya al piso. Recomendamos que en esta columna se inserten los primeros dígitos del contrato de obra (antes del año).
- Ejemplo: 1780.

b) ID TRAMO: corresponde a la Ruta Nacional del corredor en el cual se encuentra ubicado el proyecto en mención. El campo puede contener números, texto y caracteres especiales.

- Requisitos: El campo puede contener números, texto y caracteres especiales.
- Ejemplo: 6003.

c) Número contrato: Número contrato de obra. El campo puede contener números, texto y caracteres especiales.

- Requisitos: El campo puede contener números, texto y caracteres especiales.
- Ejemplo: 1780-2021.

d) Número Vértice: Número asignado por la entidad, este número se asigna único (1) si la obra que se reporta tiene una sola ubicación en el caso de edificaciones, y se asignan consecutivos (1, 2, 3, etc.) de acuerdo con los vértices que unen proyectos lineales en el caso de vías, vías férreas, jarillones de ríos, malecones, alamedas o cualquier otro proyecto con una extensión lineal.

- Requisitos: El campo debe ser un número consecutivo.
- Ejemplo: 1.

e) Código DIVIPOLA Vereda: Código de división político-administrativa (DIVIPOLA) oficial del DANE, a nivel de la vereda donde se encuentra ubicada la obra.

- Requisitos: Formato número y extensión 8 dígitos.
- Ejemplo: 18460041

f) Vereda Obra: Nombre de la vereda donde se encuentra la obra.

- Requisitos: Formato texto, en mayúsculas y sin caracteres especiales.
- Ejemplo: AGUA BONITA.

g) Municipio Obra: Municipio donde se encuentra la obra.

- Requisitos: Formato texto, en mayúsculas y sin caracteres especiales.
- Ejemplo: BELLO.

h) Departamento Obra: Departamento donde se encuentra la obra.

- Requisitos: Formato texto, en mayúsculas y sin caracteres especiales.
- Ejemplo: ANTIOQUIA.

i) Latitud: Valor del punto de la latitud de la coordenada geográfica en formato numérico, reportado en grados decimales.

- Requisitos: Formato entre -4 y 14 coordenadas geográficas territorio colombiano, separado por coma y sin ningún tipo de caracteres especiales. La coordenada debe estar compuesta por 8 dígitos decimales.
- Ejemplo: 6,33732652.

j) Longitud: Valor del punto de la longitud de la coordenada geográfica en formato numérico, reportado en grados decimales.

- Requisitos: Formato entre -4 y 14 coordenadas geográficas territorio colombiano, separado por coma y sin ningún tipo de caracteres especiales. La coordenada debe estar compuesta por 8 dígitos decimales.
- Ejemplo: -75,55795769.

k) Descripción: En este campo la entidad puede apoyar el reporte de las ubicaciones con la descripción del lugar donde se localiza la obra para ofrecer una idea adicional de su ubicación.

- Requisitos: Realizar una descripción de apoyo en la ubicación de las obras y validación del dato geográfico suministrado. En este campo, se debe especificar la abscisa en la cual se encuentra localizado el frente de obra que se está reportando, una ubicación geográfica y una breve descripción de la actividad de obra que fue realizada.

- Ejemplo: Vía Santa Catalina PR 50+650, cruce con quebrada La Vieja. Construcción de los caissons del muro de contención en concreto reforzado MC-50.

l) Día corte: Escribir el día de la fecha de corte.

- Requisitos: Formato numérico.
- Ejemplo: 30

m) Mes corte: Escribir el mes de la fecha de corte.

- Requisitos: Formato numérico.
- Ejemplo: 04

n) Año corte: Escribir el año de corte.

- Requisitos: Formato numérico sin signos de puntuación.
- Ejemplo: 2023.

6. VALIDACIÓN DE LOS DATOS EN LA PLATAFORMA DE LA CONTRALORÍA

A continuación, presentamos un video en donde se realizó el proceso de validación en la plataforma de la Contraloría, el cual podrá ser visualizado en el siguiente link:

Instructivo Validación Matriz Coordenadas DIARI-20230412_092730-Grabación de la reunión.mp4 (sharepoint.com)

De forma análoga, describiremos a continuación el paso a paso realizado en el video descrito anteriormente.

6.1. Una vez finalizado el diligenciamiento de la matriz de coordenadas, deberán realizar la validación de ésta en la página de la Contraloría, la cual se puede realizar en la siguiente dirección: https://www.cas.contraloria.gov.co/dicci. Esta los direccionará a la siguiente página en la cual deberán descargar la Matriz Anexa Coordenadas Adicionales en formato CSV (señalada de color rojo) y relacionada con el numeral 13.1.

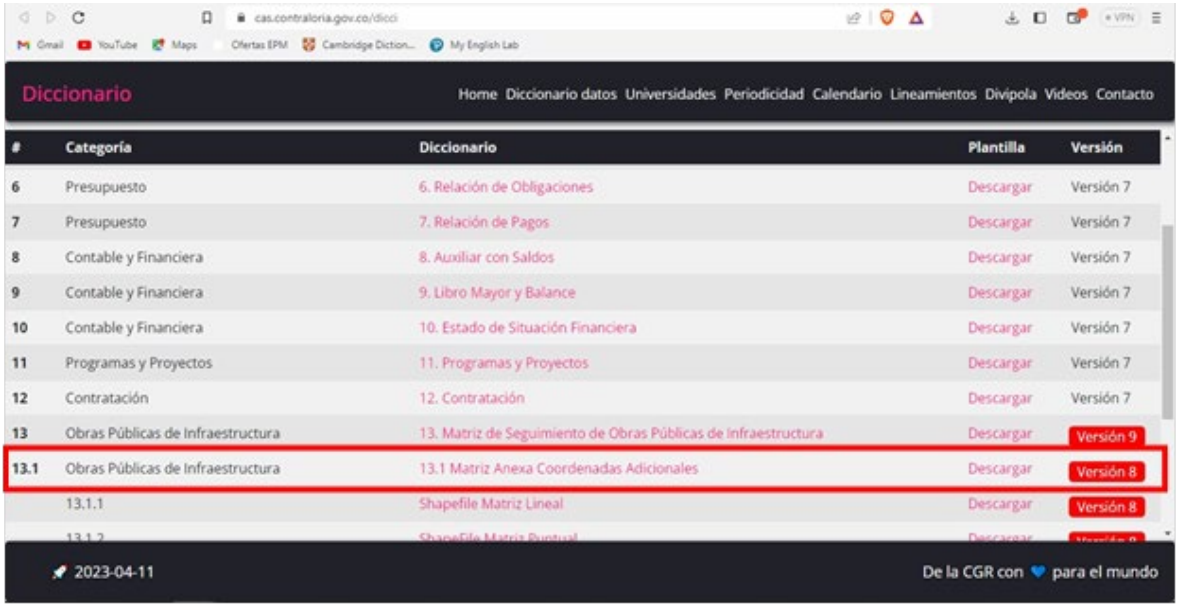


Imagen 6 Descargar matriz de coordenadas en formato CSV

6.2. Posteriormente, deberán copiar y pegar los datos en la matriz descargada, la cual se encuentra en formato CSV. Una vez hecho este paso, deben de dirigirse al botón “Diccionario” que se encuentra en la esquina superior izquierda (señalado de color rojo) para entrar al validador.

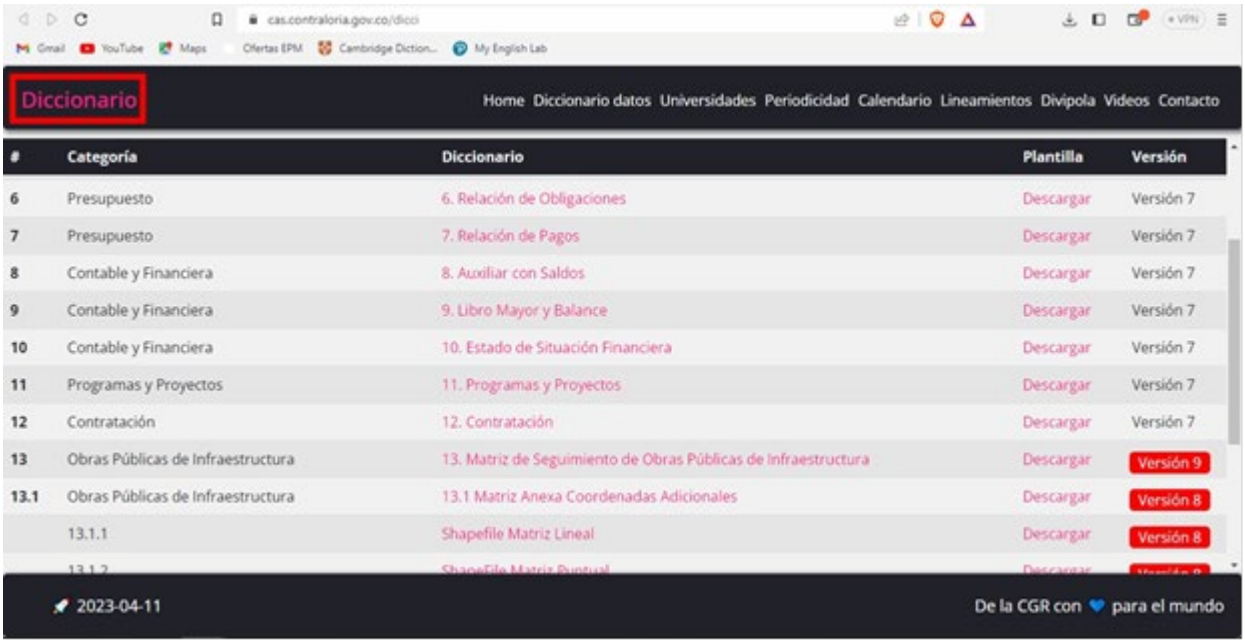


Imagen 7 Click en el botón Diccionario para entrar a la plataforma de validación

6.3. Al dar click en esta opción, les aparecerá la siguiente ventana:

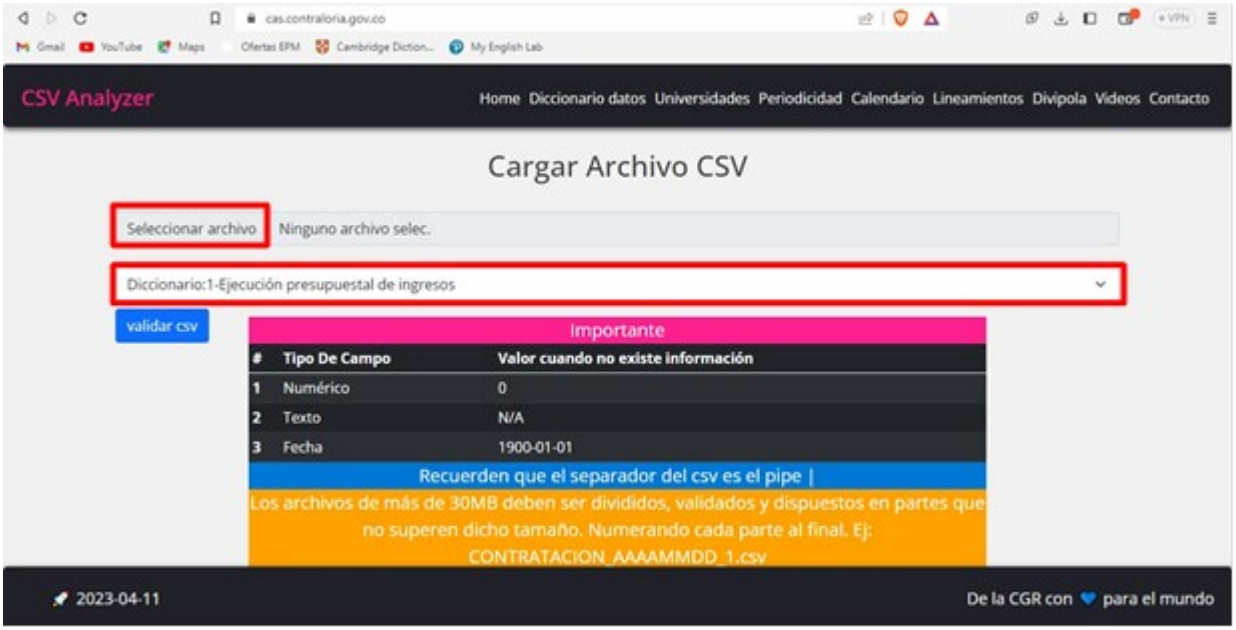


Imagen 8 Proceso para cargar el archivo y selección de la opción 13.1.

6.4. Una vez se encuentre localizado en esta última ventana, deberá "Seleccionar archivo" (resaltado de color rojo) para ingresar la matriz con los datos ingresados y en formato CSV, y en la sección "Diccionario

1 – Ejecución presupuestal de ingresos" deberá escoger la opción "Diccionario 13.1 -Coordenadas Adicionales" Esto se describe a continuación:

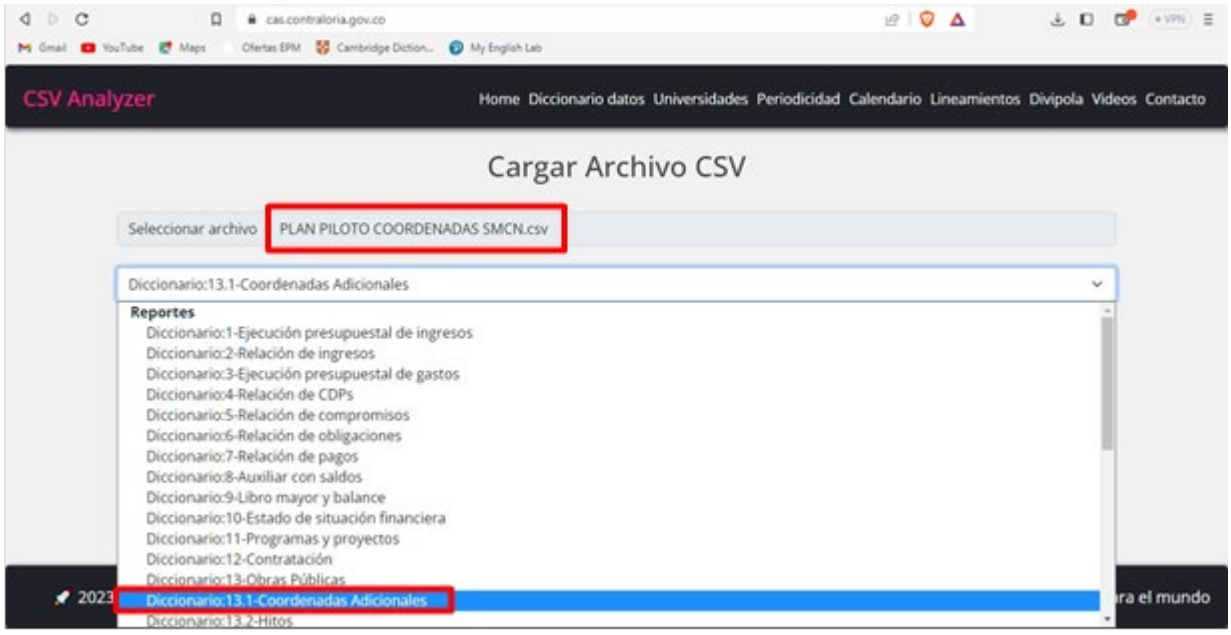


Imagen 9 Archivo seleccionado en formato CSV y selección de opción 13.1

6.5. Es preciso indicar que el formato CSV es el único que permite la plataforma de la Contraloría para realizar la validación correspondiente. Una vez seleccionado el archivo en formato CSV y seleccionada la opción "Diccionario 13.1" deberán dar click en el botón "validar csv", que se muestra a continuación:

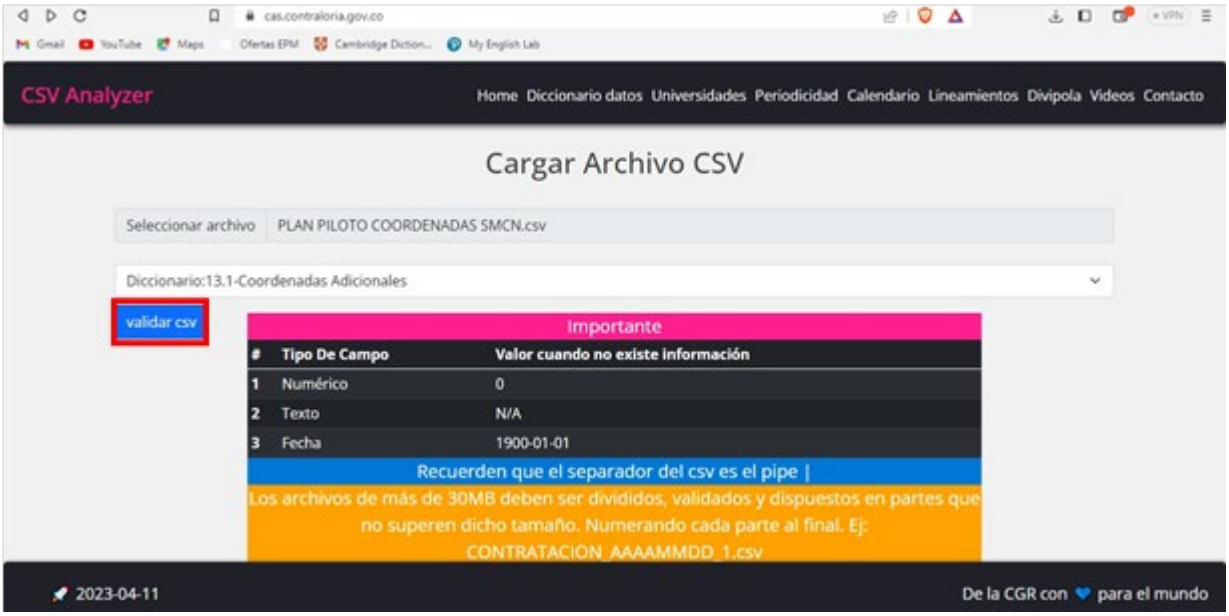


Imagen 10 Selección del botón de validación de la información cargada.

6.6. En caso de presentarse algún error durante el proceso de validación, la plataforma estará informando la ubicación de la celda del libro de Excel en donde se encuentra el error, con el objetivo de que el usuario lo corrija y proceda nuevamente con el proceso de validación. Luego de que la matriz cumpla con todos los requisitos, deberá aparecer un mensaje como el que se muestra a continuación:

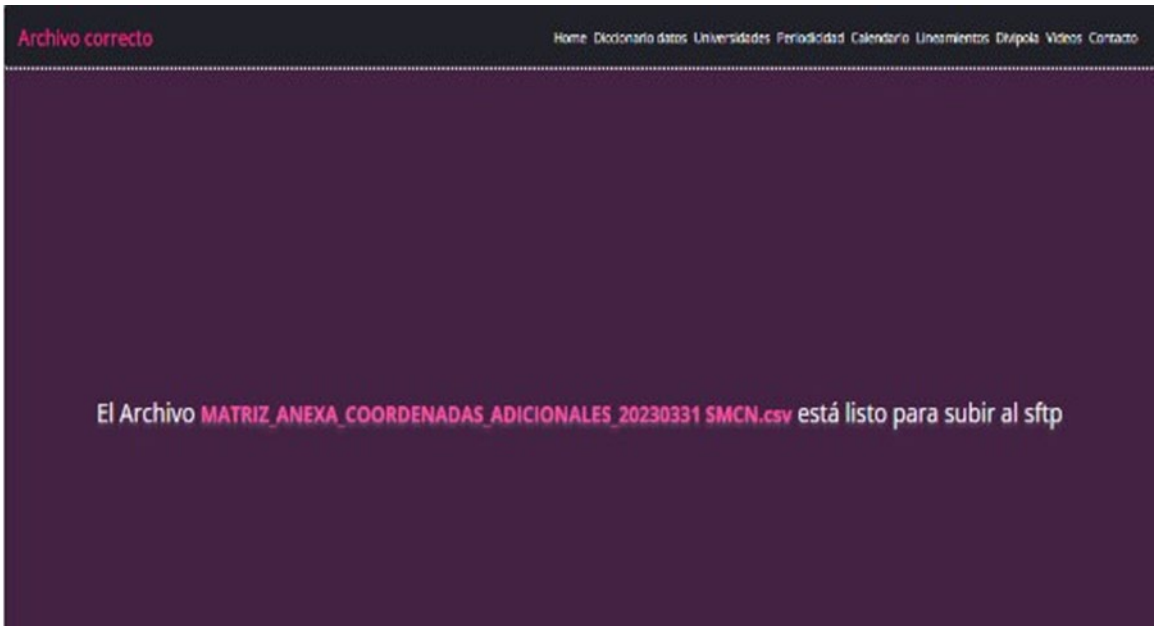


Imagen 11 Mensaje arrojado por la plataforma de la CGR donde indica que el archivo cumple con los requisitos.

Bajo esta situación, todos los proyectos que se encuentran en ejecución y hacen parte de la presente Subdirección deben de presentar las matrices con las coordenadas de los frentes de obra activos durante el mes que se está reportando.

7. REFERENCIAS

Franco, R. (2001 - 2021). Cómo usar un navegador GPS y no morir en el intento. Obtenido de ARCGIS: https://mixdyr.wordpress.com/p-remota/mini-curso-gps/

Universidad Pedagógica Nacional. (02 de Noviembre de 2017). Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín. Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional: https://www.redalyc.org/journal/6142/614264657008/html/