
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
Y TÉCNICAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA**



TESIS DOCTORAL

***Contraste en la ejecución de
auscultaciones geodésicas por
métodos clásicos y con láser escáner.***

Autor:

JULIO MANUEL DE LUIS RUIZ

Director:

BENJAMÍN PIÑA PATÓN

Santander, Diciembre de 2009

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

1.- CONCLUSIONES.

1.1.- CONCLUSIONES PARCIALES.

1.1.1.- AUSCULTACIONES GEODÉSICAS CLÁSICAS.

1.1.1.1.- EL PÉNDULO.

La determinación del estado de la presa de forma instantánea se lleva a cabo mediante el procesado de las observaciones que se hacen de manera continua con el péndulo, no existiendo actualmente ningún otro procedimiento que posibilite la captura de datos de forma tan instantánea, continua y, si se desea, automatizada, como lo permite el péndulo.

El hecho de que el péndulo sólo reporte información relativa al punto donde se encuentra suspendido en el paramento de la presa, conlleva que la información sea excesivamente estricta, especialmente en grandes estructuras. Esta circunstancia se puede salvar implantando más de un péndulo, aunque dada la importancia de la seguridad en este tipo de estructuras, no parece lógico dejar su auscultación geométrica en manos de un método que sólo reporta información de uno o varios puntos. Por otra parte, se hace necesario contrastar los resultados que genera el péndulo, dado que la seguridad de la presa lo requiere. Estos son los motivos que justifican la importancia de las auscultaciones geodésicas en el control de presas.

1.1.1.2.- LA AUSCULTACIÓN GEODÉSICA.

A.- Los observables en la auscultación geodésica.

El primer planteamiento que se debe resolver cuando se pretende llevar a cabo una auscultación geodésica, pasa por determinar el tipo de observable a captar en campo. Decidir observar ángulos o distancias no siempre es posible, debido a que en ocasiones no se dispone del instrumental deseado, sobre todo a los niveles de precisión en que se mueven los instrumentos capaces de llevar a cabo auscultaciones. Una vez elegidos entre los teodolitos y distanciómetros disponibles, determinar el error esperado con ambos instrumentos es factible y, por tanto, elegir el más preciso, también.

A igualdad de condiciones en este caso, es decir, disponiendo de un distanciómetro de 1 mm + 1 ppm y un teodolito de 0,5" de apreciación angular, la elección, tal y como se ha demostrado en esta tesis doctoral, es difícil de adoptar, pudiéndose entonces tener en cuenta otras consideraciones para determinar el observable a tomar en campo. Entre esas consideraciones, y respetando siempre la precisión como objetivo fundamental, se puede tener en cuenta que la observación de ángulos es mucho más exigente que la de distancias, al tener una gran dependencia del observador, y sin embargo con "ver" la diana es suficiente para hacer la observación, hecho que no sucede con las distancias, que al margen de "ver" el prisma, la visual tiene que ser lo suficientemente normal para que el distanciómetro pueda medir la distancia, teniendo en este caso las observaciones muy poca dependencia del observador. Esto genera que la cantidad de visuales que se realiza con el observable angular sea mayor que en distancias y, en definitiva, que se obtengan más resultados con ángulos que con distancias, tal y como sucede en el presente trabajo de investigación.

Si no se considera la precisión del instrumento como el único parámetro fundamental para definir el tipo de observable a realizar, existen otros factores que se pueden tener en cuenta, y que a la larga pueden también condicionar el tipo de observación, como pueden ser la geometría de las redes a observar, la pericia del observador, el rendimiento que se pretende obtener, etc. En la presente

investigación no se han tenido en cuenta estos factores y se ha buscado siempre la máxima precisión posible del instrumento, ya que las redes sobre las que se trabajó ya tenían definida su geometría.

B.- Los métodos de resolución de auscultaciones geodésicas.

En cuanto al análisis de los métodos existentes para resolver las auscultaciones geodésicas, independientemente del tipo de observación realizada, angular o distanciométrica, se puede llegar a las siguientes conclusiones, particularizadas por métodos:

- Método numérico
 - Tiene la ventaja, por ser un método totalmente numérico, que el proceso se puede automatizar mediante las oportunas herramientas informáticas.
 - Tienen el gran inconveniente de trabajar con coordenadas absolutas y no con incrementos, lo que genera menor precisión en los resultados.
 - La asignación de pesos determina de una forma total el resultado final, y además ésta no siempre tiene en cuenta todos y cada uno de los factores que influyen en las observaciones.
- Método gráfico
 - Entre una de sus principales ventajas, por ser un método gráfico y trabajar con variaciones entre campañas, está el hecho de salvar el problema del cálculo numérico, que en su día hizo relegar al método numérico prácticamente al olvido.
 - La resolución de auscultaciones de forma gráfica, genera que los resultados tienden a ser muy palpables y los controles de resultados muy fáciles de llevar a cabo.
 - La ventaja anterior reporta el inconveniente de ser realmente difícil de automatizar mediante herramientas informáticas, aunque hoy en día existen ya subrutinas que permiten este tipo de resoluciones gráficas.
 - Las condiciones en las que se realizan las diferentes observaciones como, por ejemplo, atmosféricas, instrumentales, punterías, obstáculos, etc., se puede tener en cuenta dando pesos a las visuales hechas en campo, de forma que la estima del punto final dentro del polígono de error se decline más en una dirección u otra.
 - El resultado final se hace a estima dentro de un polígono que marca las desviaciones cometidas en las observaciones, motivo por el cuál el resultado no es estricto.
- Método de variación de coordenadas
 - Tiene la ventaja de ser un método fácilmente programable, por lo que permite resolver de forma automática el problema, generalmente mediante herramientas informáticas especialmente diseñadas al efecto, pero en principio no excesivamente complicadas en su programación.
 - Las condiciones geométricas en las que se realizan las observaciones se pueden tener en cuenta dando pesos a las observaciones, materializándose en una matriz de pesos que establece un valor final en el que se tienen en cuenta estos factores.

- Tiene el inconveniente de que al ser un método “ciego” puede conllevar errores no detectables si no se efectúan los debidos controles, aunque la redundancia de observaciones permite realizar dichos controles.

A la vista de las ventajas e inconvenientes enumeradas anteriormente, parece lógico emplear el método de variación de coordenadas, tanto para la resolución del desplazamiento de los pilares como el de las dianas, ya que permite automatizar el proceso de cálculo, siendo además lo más subjetivo posible, tal y como se ha realizado en la presente tesis doctoral.

C.- Contraste de resultados entre las auscultaciones geodésicas.

El primer gran objetivo de la tesis era evaluar y comparar los desplazamientos que se obtenían al realizar una auscultación geodésica clásica, tanto observando ángulos como distancias, dado que ambos observables reportaban unos desplazamientos con precisión parecida y había que elegir uno de ellos para poder comparar con los del láser escáner, estableciendo si la diferencia entre los desplazamientos obtenidos era aceptable o no para la resolución de auscultaciones con láser escáner.

Para la ejecución del contraste estadístico en primer lugar se estableció cuál de las tres técnicas a contrastar era la más precisa y, por tanto, cuál sería adoptada como patrón. En esta línea, el criterio utilizado fue la que tuviera menor elipse de error, tomándose como mejor técnica aquella cuyo valor medio de las áreas de las elipses obtenidas en cada técnica fuese la más pequeña. Además de establecer el valor medio del área de las elipses de error, se establecieron indicadores estadísticos como la cuasi-varianza y la desviación típica en cada técnica, dado que cada una tenía un número determinado de dianas observadas. El resultado fue claro en este caso, puesto que tanto las elipses de error como los estadísticos asociados, coinciden en que la técnica basada en la observación de ángulos es la más precisa, tomándose ésta como patrón.

En segundo lugar, y una vez establecida la auscultación geodésica clásica con observable angular como la más precisa, se comparó el vector que representa el desplazamiento determinado con esa técnica y el obtenido con observable distanciométrico. Con este fin se calcularon las diferencias entre los vectores resultantes en las dos técnicas, quedando dicha diferencia materializada por las variaciones en los incrementos de coordenadas X e Y entre dichos vectores, puesto que el estudio se centra en ámbitos exclusivamente planimétricos.

Con el objeto de modelizar estadísticamente el comportamiento de las variaciones en las coordenadas X e Y, se adoptó la distribución normal bivariable como la que mejor se ajustaba a los resultados obtenidos, ya que en ambos casos la diferencia entre vectores, por ser éstos planimétricos, quedaba definida por una variación en la coordenada X y otra en la coordenada Y. Esto permitía asegurar la dependencia del fenómeno de dos variables que, además, son normales e independientes entre sí, dado que son el fruto de mediciones realizadas en campo, por lo que también la distribución individual de cada una de ellas es normal, lo que justifica que para el caso objeto de análisis, se tomó la distribución normal bivariada como la más representativa y con la que posteriormente se realizaron los contrastes de hipótesis.

Los resultados obtenidos fruto de dicha comparación permiten asegurar que para un 95% o un 99% de probabilidad, la diferencia media entre los vectores es de 0,59 y 0,73 milímetros respectivamente, lo que encaja perfectamente dentro de la precisión marcada para este tipo de trabajos y válida cualquiera de los dos métodos para la resolución de auscultaciones. Invertiendo el problema, se puede establecer que sólo existe un 0,02% de probabilidad de que la diferencia entre los vectores sea mayor de 1 milímetro, lo que nuevamente ratifica la validación de estos métodos para la ejecución de auscultaciones.

1.1.2.- AUSCULTACIONES GEODÉSICAS CON LÁSER ESCÁNER.

1.1.2.1.- LOS OBSERVABLES.

En la actualidad existe un gran número de fabricantes que se dedican a diseñar y comercializar láseres escáner. Cuando se plantea el desarrollo de la tesis se escoge el equipo Leica HDS300, por ser el más alto de la gama y, por tanto, el más preciso, lo que conlleva que en la actualidad no tenga un precio excesivamente competitivo. Es de esperar, que al igual que otros equipos de este sector profesional, llegue a tener precios más ajustados, y que pueda competir con la estación topográfica clásica. Además, se debe tener en cuenta que las dimensiones y todos los elementos accesorios que lleva aparejado este tipo de equipos, lo hacen muy poco portátil y máxime cuando se tiene que estacionar en pilares situados en las clásicas “cerradas” donde se suelen ubicar las presas, lugares con morfología y acceso muy complejos.

Otra cuestión a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo auscultaciones con este tipo de equipos es la señalización que requieren, dado que las clásicas dianas de puntería o prismas reflectores, no son los elementos más apropiados para observar, ya que la identificación estricta y automática de la diana se hace por un ajuste radiométrico. Este tipo de señalización no es especialmente costosa o difícil de conseguir, pero sí que requiere su implantación en todos los puntos que se deseen particularizar en la observación con el láser escáner.

La observación se caracteriza por ser muy rápida y cómoda, dado que se hace mediante el manejo de una herramienta informática que gestiona el equipo. En esta línea cabe reseñar que el software está muy bien adaptado, especialmente a la principal aplicación de este instrumento, el modelado de superficies. En la presente tesis doctoral se ha realizado un escaneado general de la presa con un doble objetivo: generar un modelo tridimensional de la misma, no existente en la actualidad, y dar a conocer el gran potencial de estas técnicas.

1.1.2.2.- LOS MÉTODOS DE RESOLUCIÓN.

A.- Comparación de coordenadas obtenidas con el láser escáner.

Como ya se ha mencionado, el principal objeto de la tesis es validar este tipo de equipos para la ejecución de auscultaciones geodésicas con precisiones del orden milimétrico. Para ello se sopesó la posibilidad de contrastar las coordenadas que generaba el equipo en cada campaña directamente, por lo que el primer planteamiento fue precisamente contrastar dichas coordenadas y, en su defecto, el segundo planteamiento pasó por la comparación de las coordenadas medias obtenidas en base a las cuatro observaciones realizadas en cada campaña, una desde cada pilar. Asimismo, cabe reseñar que el software que permite la fusión de escaneados y, por tanto, la obtención de coordenadas medias no es el apropiado, puesto que lleva a cabo un ajuste matemático en el que desplaza la posición de los pilares, planteamiento erróneo en la resolución de auscultaciones. Por todo lo anterior, el procesado se llevó a cabo con herramientas informáticas desarrolladas por el autor de la tesis.

Con ninguno de los dos métodos desarrollados para obtener el desplazamiento de las dianas, comparando las coordenadas obtenidas, tanto individuales como medias, con el láser escáner, se obtuvieron resultados comparables con los conseguidos con los métodos clásicos. Este razonamiento es fácilmente deducible si se analizan someramente los desplazamientos obtenidos con el láser escáner y con los métodos clásicos: las diferencias que arroja dicha comparación justifica que ni siquiera se plantee la posibilidad de llevar a cabo el contraste objeto inicial de la tesis.

Dado el orden de magnitud de los desplazamientos y la precisión del láser escáner, hay que buscar una causa que justifique que la dimensión de los primeros sea mucho mayor que la precisión del

instrumento. Ésta causa puede ser la combinación de la propia precisión del instrumento y el hecho de haber utilizado un sistema de referencia local, en el que pequeñas variaciones en las observaciones de los pilares producen grandes desplazamientos en las dianas. Este razonamiento también se esgrime en las técnicas topográficas convencionales, en las que se recurre a calcular los desplazamientos mediante métodos en los que se utilizan las variaciones en los incrementos de observables en vez del observable absoluto, respecto a un sistema de referencia. Cabe reseñar que esta causa de error viene condicionada por el formato de los observables que genera el software del equipo, que al tener otro objetivo fundamental, el modelado de superficies, supedita a los datos a trabajar por coordenadas absolutas.

Todo esto justifica que el objetivo fundamental de la tesis, contrastar los desplazamientos conseguidos en una auscultación realizada por métodos clásicos y con láser escáner, tenga una respuesta clara a la vista de los resultados obtenidos, pudiéndose asegurar que el láser escáner y su método fundamental de cálculo no reportan la precisión necesaria para realizar auscultaciones geodésicas en el ámbito de las precisiones milimétricas. Esta afirmación abrió una nueva línea de investigación, la de determinar si las observaciones realizadas con el láser escáner se podían aprovechar o no en un procedimiento, que aunque no sea rentable, puesto que el software no está desarrollado, intentara al menos aprovechar dichos observables.

B.- Variaciones angulares obtenidas con láser escáner.

Parecía lógico pensar que puesto que las coordenadas son consecuencia directa de la evaluación de ángulos y distancias, se considerasen individualmente cada uno de dichos observables, para ver si analizando las variaciones que se producían en dichos observables, se establecían desplazamientos con un orden de precisión mayor que el obtenido con la comparación de coordenadas. En este sentido, se aplicaron los métodos de cálculo clásicos, ya utilizados para los observables angulares y distanciométricos convencionales, a los obtenidos también con el láser escáner, con el objeto de analizar si, al menos, los observables angulares o distanciométricos del láser escáner eran aprovechables.

En esta línea se procedió a determinar las variaciones angulares que se producían en las observaciones realizadas con el láser escáner. Para ello, se obtuvieron las lecturas de los ángulos horizontales, partiendo de los datos brutos que exporta el equipo y a continuación, con el objeto de referenciar los ángulos horizontales de forma idéntica en las dos campañas, se utilizaron las desorientaciones con diversas formas de plantear dicha orientación, puesto que los resultados de las desorientaciones eran similares pero no iguales:

- Empleando la orientación al punto de seguridad más lejano. En principio es el método que debiera de generar menor error angular en la determinación del acimut, debido a que el error en la visual que se realiza a la orientación es menor cuanto más alejado esté el punto de orientación, en base al error de dirección.
- Empleando la orientación a un punto de seguridad único. A priori es el método que debiera de generar menor error angular en la determinación del acimut, debido a que trabaja con el menor número de puntos de coordenadas conocidas y eliminar así posibles problemas del ajuste de la red, que se pueden trasladar a las orientaciones.
- Empleando una orientación media consistente en la determinación de la orientación al punto medio de todos los observables realizados a puntos de seguridad. Por lógica es el que debiera de generar menor error angular desde un punto de vista estadístico, ya que se observa a más de un punto de seguridad.

Dadas las dudas que se podían plantear sobre qué método era el más apropiado, se desarrollaron los tres, con el objeto de analizar si los resultados eran parecidos o diferentes y, en su caso, si había alguno bueno o eran todos malos. Se calcularon los acimutes desde cada pilar a cada diana con tres hipótesis diferentes al evaluar la desorientación de la estación: punto de seguridad más lejano, punto de seguridad fijo y punto de seguridad medio. Las tres alternativas de cálculo de acimutes generaron variaciones angulares con valores excesivamente grandes, comparadas con los obtenidos en los métodos clásicos, y además sin ningún tipo de coherencia espacial entre sí, lo que justificó que ni siquiera se procediera a calcular los desplazamientos, debido a la falta de precisión en la medida de ángulos, para posteriormente contrastar los desplazamientos con los obtenidos por los métodos clásicos.

Cuando se determinaron las distintas desorientaciones resultantes de observar diferentes puntos de seguridad desde cada pilar, ya se observó que las desorientaciones no sólo no eran iguales, sino que además tenían gran variabilidad. Este dato, que se debiera haber tomado como un mal indicador, se justificó en base a la propia precisión del instrumento en la medida de ángulos horizontales y verticales, del orden de 60 microradianes (aproximadamente $40''$).

Todo esto posibilita asegurar que la precisión en la medida de ángulos con el láser escáner, no permite llevar a cabo la resolución de auscultaciones geodésicas con precisión milimétrica y, además, ratifica nuevamente el mal funcionamiento cuando se pretende trabajar por comparación de coordenadas entre dos observaciones consecutivas.

C.- Variaciones distanciométricas obtenidas con láser escáner.

Ante la falta de precisión que arrojan los resultados obtenidos al determinar los desplazamientos con el método de comparación de coordenadas y de variaciones angulares, nuevamente parecía lógico buscar otro procedimiento de cálculo que permitiese aprovechar las observaciones. Con este objetivo, tan solo quedaba intentar la evaluación de los desplazamientos a través del cálculo de la variación de las distancias que se produce entre campañas sucesivas.

Analizando dichas variaciones, se podía apreciar que tanto el rango de los valores de las variaciones (orden milimétrico), como el sentido de las variaciones (distancias en la campaña 77 mayores que en la campaña 76, lo que hace pensar que el desplazamiento tiene el sentido hacia aguas arriba, tal y como sucedía con los métodos clásicos) tienen coherencia espacial. Y, por tanto, se optó por analizar este observable para poder evaluar los desplazamientos de forma clásica.

1.2.- CONCLUSIONES GLOBALES.

Antes de iniciar el contraste de resultados del láser escáner, es importante reseñar que para llevar a cabo el mismo tan solo se han utilizado los resultados obtenidos a través de las distancias, dado que los desplazamientos logrados con el método de comparación de coordenadas y el de variaciones angulares realizados con el instrumento, están muy alejados del rango de los desplazamientos obtenidos con los métodos clásicos lo que, sin duda, genera la primera conclusión importante en este sentido, que no es otra que la invalidación del equipo en sí mismo para la ejecución de trabajos con este orden de precisión comparando coordenadas. En una segunda línea de investigación, lo que se pretende determinar es si los datos que genera el equipo al menos son aprovechables, lo que permitiría un posible uso de estos equipos para este tipo de trabajos, por supuesto en función de la precisión que aporten.

1.2.1.- CONTRASTE NUMÉRICO Y GRÁFICO.

El primer contraste a llevar a cabo consiste en la comparación tanto numérica como gráfica de los desplazamientos obtenidos, para las diferentes dianas que se han observado por las tres técnicas. Cabe reseñar que no es un método estadístico, pero permite en una primera aproximación ver el orden de magnitud de los resultados y, por tanto, establecer unas consideraciones visuales que, dependiendo de las diferencias entre vectores, permiten establecer conclusiones iniciales para posteriormente contrastarlas por un método estadístico. En esta línea se realizaron unas tablas y gráficas en las que se mostraban los desplazamientos y elipses de error obtenidas para cada diana y en cada método, aglutinadas por filas y columnas. Consecuencia del análisis de las mismas se llega a las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos en la auscultación clásica son muy parecidos, tanto para el caso de observación de ángulos como el de distancias, siendo las diferencias menores de 1 milímetro, por tanto, compatibles con las precisiones exigidas. Las elipses de error son pequeñas y dentro del orden de magnitud de las precisiones exigidas para este tipo de trabajos, aunque se caracterizan por tener algún sistematismo generado posiblemente por la geometría de la observación.
- Los resultados obtenidos con la auscultación clásica son muy parecidos o prácticamente coincidentes con los que genera el péndulo, en el punto en el que éste está suspendido.
- Los resultados obtenidos con el láser escáner son diferentes a los obtenidos con la estación topográfica, con diferencias del orden de entre 3 y 5 milímetros, siendo además contradictorios o incoherentes entre sí. Las elipses de error son grandes y fuera del orden de magnitud de las precisiones exigidas.

Es importante recordar que el contraste numérico y gráfico es exclusivamente puntual y no estadístico, por lo que los resultados obtenidos son de carácter orientativo, aunque sumamente ilustrativos, pero sin ningún tipo de análisis estadístico de los resultados alcanzados por los diferentes métodos de observación y cálculo de los desplazamientos. Precisamente, la misión de cuantificar las diferencias entre las diferentes técnicas de observación y resolución corresponde al contraste estadístico.

1.2.2.- CONTRASTE ESTADÍSTICO.

La ejecución del contraste estadístico requiere determinar la técnica de resolución de auscultaciones más precisa, con el objeto de emplear el vector desplazamiento obtenido con dicha técnica como patrón en el contraste. Dicha determinación ya se realizó para contrastar el mejor observable en la resolución de auscultaciones geodésicas clásicas, y resultó que tanto las elipses de error, como los estadísticos asociados en las tres técnicas ensayadas, indicaban que la técnica basada en la observación angular era la más precisa para esta situación, tomándose ésta como patrón.

Una vez justificada la auscultación geodésica clásica con observable angular como la más precisa, se comparó el vector que representa el desplazamiento determinado con esa técnica y el obtenido con láser escáner. Para ello, se calcularon las diferencias entre los vectores resultantes en las diferentes técnicas, quedando éstas materializadas por las variaciones en los incrementos de coordenadas X e Y entre dichos vectores, puesto que el estudio se centra en ámbitos exclusivamente planimétricos.

Nuevamente con el objeto de modelizar estadísticamente el comportamiento de las variaciones en las coordenadas X e Y, se adoptó como distribución bivariable la que mejor se ajustaba a los resultados obtenidos, ya que en ambos casos la diferencia entre vectores, por ser éstos planimétricos, queda

definida por una variación en la coordenada X y otra en la coordenada Y, lo que permite asegurar la dependencia del fenómeno de dos variables que además son normales e independientes entre sí, dado que son el fruto de mediciones realizadas en campo, por lo que además la distribución individual de cada una de ellas es normal. Esto justifica que para el caso objeto de análisis, se tomó la distribución normal bivariada como la más representativa y con la que posteriormente se realizaron los contrastes de hipótesis.

Establecida la auscultación geodésica clásica con observables angulares como la más precisa, a continuación se compararon los desplazamientos obtenidos con dicha técnica y el obtenido mediante láser escáner, permitiendo dichos resultados asegurar que para un 95% o un 99% de probabilidad, la diferencia media entre los vectores es de 6,43 y 7,47 milímetros respectivamente, lo que invalida el láser escáner para este tipo de trabajos. Invirtiendo el problema se estableció que sólo existe un 6,99% de probabilidad de que la diferencia entre los vectores sea menor de 1 milímetro, incapacitando nuevamente este método e instrumento para la ejecución de auscultaciones geodésicas.

Estos resultados permiten fijar una frontera con este tipo de láser escáner, que aunque para esta aplicación concreta, en la que se persiguen precisiones milimétricas queda invalidado, si permite utilizarlo para otro tipo de auscultaciones en que las precisiones exigidas sean centimétricas, algo inalcanzable con la simple comparación de coordenadas obtenidas, pero factible si se procesan observables por los procedimientos descritos en este documento. Este era también un objetivo importante de la tesis, puesto que con las características propias del instrumento, ya eran previsibles las primeras conclusiones, pero sólo se podía evaluar el rango comparando con las metodologías clásicas, tal y como se ha realizado.

2.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

2.1.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN LAS AUSCULTACIONES GEODÉSICAS.

2.1.1.- AUSCULTACIONES GEODÉSICAS CLÁSICAS.

2.1.1.1.- PRESA DE LA COHILLA.

La principal cuestión que quedan por dirimir en las auscultaciones geodésicas clásicas, aplicada al caso de la Presa de la Cohilla, pasa por investigar cómo evolucionan los resultados y, sobre todo, el grado de mejora que se consigue al incluir en la red dos nuevos que ya se encuentran construidos y que, a priori, permite pensar que otorgarán mayor redundancia en los resultados.

2.1.1.2.- OTRAS PRESAS.

Extrapolado al caso genérico de otras presas, cabe reseñar que también se puede investigar sobre como influyen en los resultados, factores como pueden ser la ubicación y geometría de las redes, el método de observación, la instrumentación a emplear y el orden de magnitud de los movimientos esperados, todos ellos con gran influencia en el resultado final obtenido, pero difícilmente relacionables por una expresión matemática.

2.1.2.- AUSCULTACIONES GEODÉSICAS LÁSER ESCÁNER.

A la vista de los resultados obtenidos no cabe esperar que el láser escáner se pueda emplear para la resolución de auscultaciones geodésicas hasta que no mejore sus precisiones. Aún así, es previsible que con el tiempo este aspecto pueda ir mejorándose y será entonces cuando se necesitará tener investigado el procedimiento o metodología de observación y cálculo que, garantizando los resultados deseados, permita optimizar el procedimiento general.

2.2.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL LÁSER ESCÁNER.

2.2.1.- AJUSTE RADIOMÉTRICO.

El procedimiento mediante el cual el software hace el ajuste radiométrico una vez observada la diana no proporciona información de los datos básicos. El análisis de este procedimiento y el tipo de señalización (materiales, geometría, ubicación, etc.) con los que se hace el ajuste radiométrico son fundamentales para la determinación de la posición estricta del centro de la diana, estando en la actualidad poco desarrollado, siendo éste el motivo por el que se propone como una línea de investigación a desarrollar por otros investigadores.

2.2.2.- SOFTWARE DE PROCESADO DE DATOS.

El software existente en la actualidad es, sin duda, adecuado para la principal misión que tiene este tipo de equipos, el modelado de objetos o superficies. Sin embargo, es un software que debiera reportar más información de la que actualmente arroja, al margen de la radiométrica comentada en el párrafo anterior. También es información vital y no la genera, por ejemplo, los observables reales de campo (distancia geométrica, ángulo horizontal y vertical), sino que los convierte a incrementos de coordenadas locales. Además, dicho software no está adaptado a la resolución de auscultaciones geodésicas, sino a modelizar superficies, generalmente en base a la fusión de diferentes escaneados, lo cual no es posible en las auscultaciones, ya que en dicho proceso de fusión se lleva a cabo un ajuste matemático en el que se transforman todas las nubes de puntos.

En definitiva, el software con el que se captan y procesan los datos de campo requiere ser sometido a un proceso de investigación, que persiga analizar el procedimiento y desarrollo de un software más abierto y con una aplicación informática enfocada a la resolución de auscultaciones geodésicas, si se le quiere emplear en este campo profesional.

2.2.3.- CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO.

La calibración del instrumento la lleva a cabo el fabricante, siendo el único conocer de tal procedimiento, lo que conlleva la dependencia del usuario del mismo. Para evitar esta situación, se deberían desarrollar vías alternativas para que dicha calibración se pudiese efectuar mediante sencillos controles, con los que poder chequear el estado del equipo antes del inicio de cualquier observación.