

# **Trabajo colaborativo y análisis integral de ingeniería**

## **Collaborative work and engineering comprehensive analysis**

**<sup>1</sup>Ana Beatriz, Carrera Aguilar, <sup>2</sup>Rodrigo Takashi, Sepúlveda Hirose**

División de Ingenierías Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria. CP. 04510. Delegación Coyoacán, Ciudad de México. <sup>1</sup>acarrera@ingenieria.unam.edu y <sup>2</sup>rsepulveda@ingenieria.unam.edu

**Palabras clave en español:** análisis integral, ingeniería, trabajo colaborativo.

**Key words:** comprehensive analysis, engineering, collaborative work.

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo colaborativo y multidisciplinar se apega a la aplicación de diferentes técnicas, por campo disciplinario, que busquen resolver una problemática por medio de un lenguaje de investigación sistemático cuantitativo y cualitativo, y así, garantizar un resultado óptimo en la investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006). Diversos autores señalan que los diseños mixtos permiten combinar paradigmas para optar por mejores oportunidades de acercarse a soluciones abstractas (Pereira, 2011).

Los diseños de método y modelo mixto, iniciaron como una propuesta de estudios e investigaciones, en donde, al mezclar enfoques cualitativos y cuantitativos daría un nuevo estilo de investigación al incorporar encuestas que facilitarían algunos aspectos fundamentales para el desarrollo del mismo (Sieber, 1973). Para definir los dos diseños en cuestión, Johnson y Onwuegbuzie plantearon las siguientes definiciones; con el modelo mixto se combinan en una misma etapa o fase de investigación los métodos cuantitativos y cualitativos, mientras que el método mixto no permite la mezcla, sino que éstos tendrán su propia etapa (Onwuegbuzie & Leech, 2006).

Esta modalidad de trabajo se adoptó por un grupo de académicos de la UNAM para atender problemáticas de comunidades vulnerables, ya sea por su condiciones de lejanía a centros urbanos o por su grado de marginación socioeconómica, y que se encuentran carentes de infraestructura para abastecimiento de agua potable. La experiencia ha reunido especialistas de diversas áreas de la ingeniería para atender necesidades de poblaciones enclavadas en la Mixteca Alta en Oaxaca, y en localidades del estado de Hidalgo.

### **METODOLOGÍA**

Para la puesta en marcha del trabajo colaborativo de ingeniería, se opta por dividir la investigación multidisciplinaria, en primera instancia como métodos mixtos, y posteriormente como modelos mixtos, esto con la finalidad de calibrar los instrumentos para la obtención de información confirmatoria y exploratoria de datos cualitativos y cuantitativos para realizar, posteriormente, un análisis estadístico para ambos casos. Dado

que se trata de un trabajo que se realiza por área de estudio, los estudios de investigación y de campo convinieron realizarse en paralelo, por simplicidad de tiempo y recursos para las visitas al sitio.

En el marco del programa de servicio social “Ingeniería de campo y evaluación integral de infraestructura sustentable”, profesores de las divisiones profesionales de Ingenierías Civil y Geomática y de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería han contribuido como parte de un equipo de trabajo multidisciplinario y colaborativo con la finalidad de obtener una solución óptima evaluando diferentes alternativas que dependerán del procesamiento de resultados de todas las áreas. Participan profesores y estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Geológica e Ingeniería Geofísica.

Las visitas a campo son determinantes para este tipo de trabajo colaborativo. Tras realizarlo de forma conjunta, se procede a la generación de resultados por medio de un enfoque mixto de investigación, que consiste en la integración sistemática de los métodos cualitativos y cuantitativos. Dicho lo anterior, se empleó la siguiente metodología:

- I. Instrumentos para datos cualitativos
- II. Instrumentos para datos cuantitativos
- III. Secuencia en recolección y análisis de los datos
- IV. Métodos específicos de análisis para cada proceso y etapa
  - a. Estudio socioeconómico y de percepción
  - b. Estudio de calidad del agua
  - c. Estudio geofísico y geológico

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como se observa en el apartado metodológico, cada área contiene procesos propios para obtención de información. Para el estudio socioeconómico y de percepción, se recurre a entrevistas que realizan estudiantes y profesores a los pobladores de la localidad. Se utiliza como unidad de análisis el hogar y se toma la opinión del jefe (a) de familia o quien se encuentre al momento de la visita. Por ejemplo, de los resultados obtenidos en los levantamientos de datos en Zimapán, La Lagunita y Concepción Buenavista, el promedio de las personas económicamente activas por hogar son de 1 a 2 personas, de éstas, las actividades económicas practicadas se dividen en 36% para sector primario, 26% para sector secundario, 21% sector terciario, el resto no se dedica a ninguno de los anteriores. En promedio los habitantes tienen un ingreso mensual de \$3,467.95. Los habitantes de estas localidad perciben que los problemas de infraestructura atañen al gobierno o a la autoridad municipal correspondiente y, manifiestan deseos de colaborar en la resolución de este tipo de problemáticas.

Los resultados técnicos varían de localidad a localidad, sin embargo, un claro ejemplo del trabajo colaborativo y multidisciplinario lo aporta el intenso trabajo entre pares realizado en Concepción Buenavista (Carrera, A.B.; Sepúlveda, R.; Vidal, M.; Escobedo, Z.; Romero, M., 2018). De acuerdo con los estudios de calidad de agua, los resultados muestran que del estudio físico no se presenta problema alguno, dado que todos los parámetros están cumpliendo la NOM 127 SSA1-1994; en el caso de los resultados bacteriológicos, el cumplimiento de la norma no ocurre, y finalmente, los parámetros químicos cumplen con la norma a excepción del cloro residual libre. Por otro lado, el estudio geológico determina que el acuífero es heterogéneo debido a su granulometría

variable y es limitado; por lo que en época de estiaje disminuye su caudal; y que la porosidad detectada es de tipo secundario originada por el fracturamiento presente en las rocas carbonatadas; funciona como un acuífero libre; siendo una roca carbonatada de baja permeabilidad conferida por el fracturamiento. Y, finalmente, el estudio geofísico revela que en las secciones sísmicas obtenidas del procesamiento de la refracción sísmica en el Predio Llano Grande; se definieron tres zonas con diferentes velocidades: a) Zona 1: capa somera de baja velocidad, la cual presenta un rango de velocidad 350 a 450 m/s con un espesor de aproximadamente 3m asociado al acuífero granular; b) Zona 2: una capa intermedia entre la zona de baja y alta velocidad con velocidades del orden de 1,000 a 1,800m/s y un espesor no mayor a 4m, y c) Zona 3: capa profunda posterior a los 7m de profundidad; se observa una zona de mayor velocidad cuyo rango se encuentra entre los 2,000 a 2,800 m/s que se asocian al acuífero de las rocas carbonatadas. Mientras que, En el Sauce los resultados del método de refracción sísmica; determinó que, en las cuatro líneas realizadas, se identificó una capa de baja velocidad, la cual tiene un espesor entre 2 a 4 m que se asocia al acuífero granular; con velocidades del orden de 400m/s. Posteriormente a una profundidad entre los 10 a 13 m se observan altas velocidades cuyo rango esta entre los 2200 a 3400 m/s asociándose a rocas sedimentarias compactas de origen carbonatado.

## **CONCLUSIONES**

El trabajo colaborativo e integral por sí mismo es rico en conocimiento, talento y recursos humanos, por lo que su ejecución implica una labor ardua para que estos saberes confluyan en búsqueda de soluciones propias del trabajo ingenieril. A partir de las intervenciones en comunidades de Hidalgo y Oaxaca se concluye que la población manifiesta pérdidas en el bienestar (desempleo y migración principalmente), desabasto del recurso hídrico que se refiere a la no disponibilidad en cantidad ni calidad aceptable, ausencia de infraestructura y mantenimiento suficientes; la fuente de agua reportada por los pobladores como principal y de los diferentes depósitos (cisternas) utilizados como almacén del líquido no se considera como agua potable y por lo tanto no es apta para uso y consumo humano; en Oaxaca, el sitio de Llano Grande cumple con las condiciones de presencia de saturación de agua en la roca carbonatada, además de tener la condición de una recarga permanente del arroyo Llano Grande, y del agua de lluvia en la temporada de lluvias; recargando al acuífero somero granular y el de rocas carbonatadas a mayor profundidad, y que existe una correlación en la respuesta de la geología del subsuelo y de las unidades geohidrológicas definidas, por tanto, se concluye que existen las condiciones adecuadas en los dos sitios; Llano Grande y El Sauce, para la localización de un pozo de agua.

Estas conclusiones, producto del análisis de los resultados de los estudios, no son más que los ejes centrales de un diagnóstico integral. Dicho diagnóstico crea espacio para la reflexión sobre la continuidad, diseño y ejecución probables de un proyecto que atienda a la normatividad oficial, a los estándares técnicos permisibles y a su vez, las necesidades latentes en la comunidad. Diseñar la línea de conducción, evaluar sus costos y beneficios podrían ser las tareas futuras del equipo de trabajo en colaboración con los municipios interesados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Carrera, A.B.; Sepúlveda, R.; Vidal, M.; Escobedo, Z.; Romero, M. (2018); *Diagnóstico multidisciplinario de la situación actual del servicio de agua en Concepción*

*Buenavista, Oaxaca*. Memoria del coloquio académico por la equidad de género en la FI, 2018: Docencia, investigación y desarrollo tecnológico. Facultad de Ingeniería, UNAM. P.p. 11-18. URL: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/17039>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (Vol. 4a Ed). (R. A. del Bosque, Ed.) Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.

Onwuegbuzie, A. J., & Leech, N. L. (2006). *Linking Research Questions to Mixed Methods Data Analysis Procedures*. Qual Report, 11(3), 474-498. Obtenido de <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR11-3/onwuegbuzie.pdf>

Pereira, Z. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta*. Electrónica Educare, XV(1), 15-29. doi:ISSN: 1409-42-58 de investigación. Obtenido de <http://biblo.una.edu.ve/documentos/enfoque.pdf>

Sieber, S. (1973). *The integration of fieldwork and survey methods*. American Journal of Sociology, 78: 1335-1359.