

## **4. TEORÍA DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

### 4.1 INTRODUCCIÓN

---

Una vez mostrados el capítulo de materiales de construcción así como el de propagación de señales de radio frecuencia, se puede unir los conceptos para poder diseñar el experimento que sirve para lograr la caracterización de la cantera para propagación de señales de RF. Experimento se refiere a la creación y preparación de pruebas que verifiquen y establezcan las causas de un determinado problema objeto de estudio, en el cual, se inducen cambios deliberados en las variables de entrada para poder observar e identificar los cambios en la respuesta de salida [21].

En este capítulo se presenta teoría sobre diseño de experimentos, se definen conceptos y principios básicos en el diseño y finalmente se plantea el esquema para la caracterización de la cantera definiendo cada una de sus etapas.

### 4.2 TEORÍA DE DISEÑO EXPERIMENTAL

---

La teoría de diseño de experimentos no es más que modelos estadísticos cuyo objetivo es investigar si unos determinados factores influyen en la variable de interés aplicándose a aquellas situaciones donde se quiere encontrar una relación causa-efecto. Ronald A. Fisher fue el innovador en el uso de métodos de diseño

experimental en la década de los años treinta [21] y hasta la fecha tienen amplia aplicación en muchas disciplinas y se puede considerar parte del proceso científico. En ingeniería, puede tener aplicaciones como:

- ✓ Evaluación y comparación de configuraciones existentes.
- ✓ Evaluación y pruebas de materiales.
- ✓ Selección de parámetros de diseño para mejorar el funcionamiento de un sistema.

## **4.2.1 Conceptos y Definiciones**

### **4.2.1.1 Experimento**

El término experimento se refiere a la creación de pruebas que verifiquen las hipótesis establecidas sobre causas de un determinado problema objeto de estudio donde el experimentador escoge ciertos factores, los altera de forma controlada para ver las consecuencias resultantes.

En general, un experimento se realiza por alguna de las siguientes causas [25]:

- ✓ Determinar los principales motivos de variación de una respuesta.
- ✓ Encontrar las condiciones con las que se consigue un valor extremo en la variable de interés.
- ✓ Comparar las respuestas en diferentes niveles de observación de las variables.
- ✓ Obtener una relación que permita hacer predicciones de respuestas futuras.

#### **4.2.1.2 Variable**

Una variable es la característica de un objeto que puede ser observada, medida y analizada para encontrar las respuestas al problema en cuestión. Según el papel que desempeñan en el experimento se pueden clasificar en variable independiente, dependiente, extrañas y de bloqueo. [7].

Las variables independientes o también llamadas tratamiento son la causa que se cree que influye directamente sobre la característica que se está estudiando. Se le asignan diferentes valores conocidos como nivel de tratamiento que servirán de gran ayuda para el análisis de resultados.

Las variables dependientes son las que se miden en cada repetición del experimento con el objetivo de ver si la variable independiente influye directamente sobre sus valores.

En cuanto a las variables extrañas, se refiere a las que el experimentador no puede variar, pero influyen sobre la variable dependiente. Son consideradas como ruido o error experimental.

Finalmente, las variables de bloqueo son las que pueden intervenir en la respuesta de la variable dependiente y se puede eliminar su influencia asignándole el valor de una constante.

### **4.2.1.3 Unidad Experimental**

La unidad experimental es la unidad básica sobre la cual se efectúa el proceso de medida, es decir, es donde se realizará el experimento. Pueden ser desde espacios físicos, personas, cosas abstractas o bien intervalos de tiempo.

## **4.2.2 Principios Básicos**

Siempre que se requiera planificar un experimento se debe tener en cuenta tres principios básicos en su diseño que son: obtención de réplicas, aleatorización y análisis por bloques [21].

### **4.2.2.1 Obtención de Réplicas**

La réplica se refiere a la repetición del experimento básico. La obtención de réplicas permite obtener una estimación del error experimental así como calcular una respuesta más precisa del efecto a estudio. Entre mayor sea el número de repeticiones para cada experimento, mejor será el resultado obtenido.

### **4.2.2.2 Aleatorización**

La aleatorización es la parte fundamental en cada experimento y se entiende como el hecho de que, tanto la asignación del material experimental como el orden en que se realicen las pruebas sean al azar cancelando así factores

extraños que pudieran presentarse, además de evitar la dependencia entre muestras u observaciones así como validar procedimientos estadísticos.

#### **4.2.2.3 Análisis por Bloques**

También es conocido como “bloquear” ya que es recomendable dividir las unidades experimentales en grupos llamados bloques lo más parecidos entre sí, de tal modo que las observaciones hechas en cada uno ellos se confiables para su comparación.

### **4.3 DIAGRAMA DE PROCESO PARA CARACTERIZACIÓN DE LA CANTERA**

---

Como se ha mencionado, las técnicas de diseño de experimento se basan en estudiar los efectos de todos los factores de interés que influyen en determinado proceso, por ello, a continuación se muestran las etapas sugeridas para llevar al cabo una correcta planificación de un diseño experimental, explicando cada una de ellas y asociándolas con el diseño para la caracterización de la cantera. [21]

#### **4.3.1 Definición de Hipótesis**

También conocido como planteamiento del problema y definición de objetivos. Contribuye a mejorar el conocimiento del fenómeno y por ende de la solución al

problema. Se recomienda establecer los objetivos fundamentales ya que tratar de abordar problemas colaterales puede complicar innecesariamente el experimento. Normalmente la lista de objetivos es refinada a medida que se van ejecutando las etapas del diseño de experimentos.

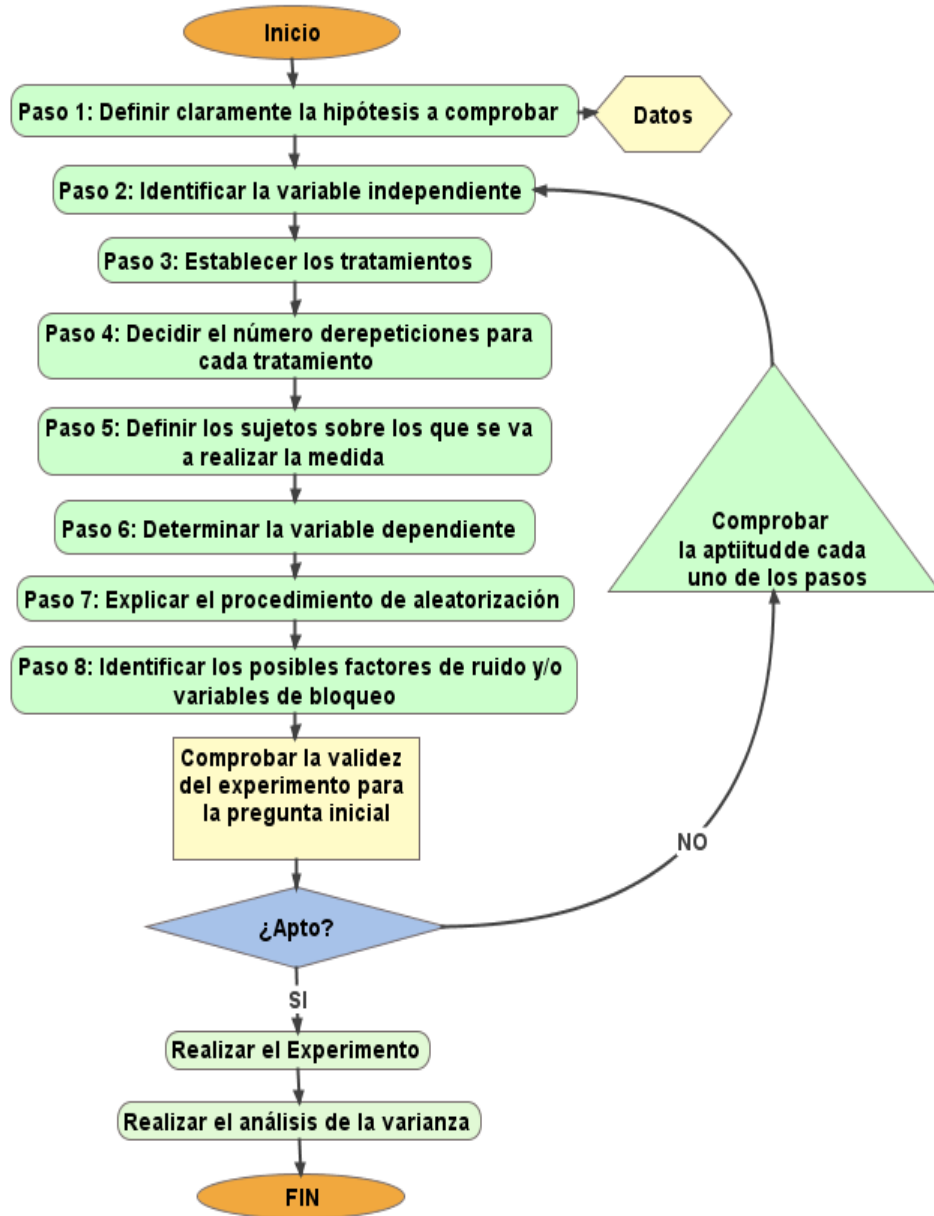


Figura 4.1 Diagrama con las etapas para diseño de experimentos [7].

### **4.3.2 Identificación de Variable Independiente**

Una fuente de variación es cualquier “cosa” que pueda generar variabilidad en la respuesta. Se debe identificar las posibles fuentes de variación del problema que cuyo efecto sobre la respuesta es de particular interés para el experimentador.

### **4.3.3 Establecimiento de Tratamientos**

Se conoce como tratamiento a las condiciones experimentales que se desean comparar en el experimento. Es la forma en que se varían las variables independientes dentro de intervalos. El experimentador debe tener control sobre dichas variaciones.

### **4.3.4 Número de Repeticiones del Experimento**

A mayor número de repeticiones del experimento hay mayor punto de comparación para encontrar la relación entre las variables además de que disminuye los errores de medición e influencias no controladas de variables extrañas que pudieran estar presentes.

### **4.3.5 Definición de Sujetos Sobre lo que se va a Medir**

También llamado unidad experimental que como se mencionó anteriormente es el lugar donde se planea llevar al cabo el experimento.

### **4.3.6 Determinación de la Variable Dependiente**

Es conocida como la respuesta al experimento y debe de proporcionar información útil para el proceso de estudio. Sólo puede existir una variable dependiente en cada experimento.

### **4.3.7 Procedimiento de Aleatorización**

Es una parte fundamental en el diseño y realización del experimento pues se asegura que las relaciones encontradas son debidas a las variables mismas y no a situaciones provocadas por el experimentador.

### **4.3.8 Identificación de Factores de Ruido y Variables de Bloqueo**

Esta etapa es importante pues se requiere ver que variables presentes en el experimento afectan de manera indirecta a la variable dependiente por lo que se requieren medidas para contra restar su efecto que bien puede ser mediante la aleatorización o bien asumiendo que son valores constantes.

En la tabla 4.1 se establece cada una de las etapas descritas previamente y su aplicación en el diseño del experimento para la caracterización de la cantera para propagación de señales de RF.



**Tabla 4.1 Definición del diseño de experimento de caracterización de la cantera.**

<b>ETAPA</b>	<b>CONCEPTO</b>
Hipótesis u objetivo:	Determinar las pérdidas de señal que provocan los muros de cantera cuando son penetradas por señales de RF en la banda UHF.
Variables independiente:	Se considera el grosor del muro de cantera, el tipo de cantera, la distancia a la cual se toman las muestras y la frecuencia de transmisión.
Tratamientos:	La variación de las variables independientes serán dos frecuencias comerciales y diferentes grosores de muros.
Número de repeticiones:	El número de muestras por cada muro a caracterizar depende de las dimensiones del lugar, en promedio serán de 60 a 100 muestras por muro.
Unidad experimental:	El experimento se realizará en construcciones de cantera en la Ciudad de Oaxaca y Puebla.
Variable dependiente:	Pérdida de señal atribuida al muro de cantera.
Aleatorización:	Se tomarán muestras de distancias al azar para cada uno de los muros a caracterizar sin mantener una relación entre cada punto.
Efectos de ruido:	La presencia de obstáculos y condiciones atmosféricas pueden influir en la respuesta del experimento por lo que para evitarlo se harán las mediciones en un solo día para cada lugar y así asumir que fueron constantes para cada muestra.

#### 4.4 RESUMEN

---

En este capítulo se abordó el tema de diseño de experimentos, presentando la teoría de cómo se debe realizar uno de éstos. Una vez que se cuenta con dicha

teoría, se define cada una de la etapas para el experimento de caracterización de la cantera para finalmente ejecutar el mismo cuidando cada detalle del diseño para que las cosas salgan como lo planeado y así mostrar en los siguientes capítulos el análisis de datos, que por lo general requiere de métodos estadísticos y gráficas para visualizar mejor los resultados, así como las conclusiones y recomendaciones pertinentes.