

---

## NOTAS Y EVENTOS

---

CIENCIA Y SOCIEDAD

Vol. XXI, Números 1 y 2

Enero-Marzo 1996

Abril-Junio 1996

### ENFOQUE SOBRE LA SELECCION DE SITIOS PARA INSTALACION DE PLANTAS

---

E. Bisonó

#### Resumen

Para el desarrollo de proyectos de plantas de potencia e industriales mayores, es usualmente necesario tomar en cuenta una gran cantidad de consideraciones, en la selección del sitio preferido.

Es también amenudo necesario envolver los diferentes grupos de interesados y a las autoridades reguladoras en el proceso de selección, el cual es más bien complicado, porque muchas de las variables a ser consideradas no pueden ser expresadas en términos monetarios.

Lo anterior significa que deben usarse métodos de comparación que habiliten a los responsables de la selección de sitios, para hacer los razonamientos necesarios sobre los valores relativos de los parámetros ambientales y sociales, junto a los costos de ingeniería del proyecto, de una manera que no envuelva la entrada de especialistas.

En la literatura podemos ver que han sido desarrolladas muchas metodologías, las cuales han sido aplicadas con grados de éxito variados.

Muchos de esos métodos son complejos y algunos aparecen más como medios dentro de ellos mismos que como herramientas, para simplificar un proceso cada vez más complejo.

Aquí describimos un enfoque práctico todavía flexible que ha sido usado, para muchas aplicaciones de selección interdisciplinaria de sitios con éxito razonable.

## 1.- Introducción

En la selección del sitio preferido para el desarrollo de proyectos de plantas eléctricas e industriales mayores es necesario tomar en cuenta un amplio abanico de consideraciones. A menudo, también es vital involucrar en el proceso de selección a los diferentes grupos interesados, así como a las autoridades de las agencias reguladoras, ya que el mismo se torna más complicado porque muchos de sus aspectos intrínsecos no pueden ser expresados en términos monetarios.

El significado de esto es que los métodos de comparación a ser usados le quitan capacidad a los responsables de la selección de los sitios, para llevar a cabo los juicios necesarios sobre el valor relativo de los parámetros ambientales y sociales, junto a los costos de los proyectos de ingeniería de una forma que no envuelva entrada de personal especializado.

En la literatura existe una serie amplia de metodologías que han sido desarrolladas y aplicadas con diferentes grados de éxito. Muchos de esos métodos son complejos y otros aparecen más bien como medios dentro de ellos mismos que como herramientas, para simplificar un proceso altamente complejo.

Aquí se describe un procedimiento pragmático flexible que ha sido utilizado con suficiente éxito en una gran cantidad de selección de sitios, para diferentes propósitos.

Los escalones de decisión que conforman el proceso de selección de sitios son a veces los que acostumbramos a usar y que utilizamos en forma variada casi todos los días.

Probablemente el caso en que más nos acercamos al proceso formal de selección de sitio en nuestras vidas personales, es cuando nos proponemos comprar una casa que es una situación en la cual perdemos muchas horas de sueño, sopesando lo que más tarde referiremos como "criterios de ubicación", tales como costo, tipo y tamaño de la propiedad, facilidad de venta, si los vecinos son deseables, proximidad a las escuelas, facilidad de comunicación y cosas como esas.

Para la mayoría de la gente, el costo es el factor más importante,

pero otros factores son sopesados cuidadosamente en la decisión sin importar el hecho de que no puedan ser expresados en términos monetarios. Y es así, y siempre lo ha sido, en la selección de sitios para proyectos de ingeniería.

La selección de sitios no es nada nuevo a la profesión de ingeniería, cuyos miembros han estado ubicando estructuras importantes desde el surgimiento de la profesión, con un grado de éxito impresionante.

Si hemos estado acostumbrados a la selección de sitios por tanto tiempo y personalmente hemos estado expuestos a decisiones de selección realmente excitantes en nuestro diario vivir, ¿Por qué tener que considerar procesos formalizados?

Quizá hay dos respuestas a esa pregunta. La primera es que en muchas circunstancias, de hecho no necesitamos proceso nuevo alguno que nos capacite, para seleccionar un sitio preferido.

La época en que el proceso informal por medio del cual los ingenieros y planificadores sopesaban los factores claves envueltos y; tal vez más por intuición que por cualquier otra cosa; la identificación del sitio óptimo es tan válida en muchas circunstancias ahora como lo ha sido siempre.

Sin embargo, hoy existe una diferencia importante, y es que aun cuando haya sido seleccionado el mejor sitio, las presiones públicas y de las regulaciones demandan amenudo que la decisión sea justificada.

Esto significa que se requiere un método explicativo de la decisión, aun cuando el proceso inductivo tradicional pueda haber conducido a la escogencia correcta del sitio.

Aún más complicada es la idea de que grupos interesados quieran estar envueltos directamente en la decisión.

La segunda respuesta a nuestra interrogante es que los procedimientos de selección formalizados son requeridos debido al incremento del número de consideraciones que deben ser tomadas en cuenta como parte integral de proceso, incluyendo el abanico cada vez más amplio de consideraciones sociales y ambientales.

Esto resulta en una cantidad de criterios de ubicación interrelacionados que sin el empleo de técnicas organizacionales

formalizadas, resulta imposible aplicar el procedimiento de selección de manera racional.

Es obvio que la forma de resolver el problema de selección de sitios debe ser suficientemente flexible, para no complicar innecesariamente una decisión que puede ser hecha y presentada sin procedimientos complicados, y aun debemos ser capaces de proporcionar medios de organización cuando la cantidad de datos a ser considerados, se convierte en un reto impráctico o cuando es requerida alguna forma de mecanismo para involucrar a los grupos interesados.

Los objetivos de un procedimiento de selección de sitio son los siguientes:

- 1.- proporcionar un medio de identificación de los “sitios preferidos” (o por lo menos eliminar los peores). La definición de preferido variará obviamente de proyecto a proyecto y podría variar desde más económico, más seguro, menos destructivo social o ambientalmente, o una combinación de tales objetivos.
- 2.- proporcionar los medios de sistematizar una cantidad de criterios de selección de sitios que de otra manera resultaría inmanejable.
- 3.- proporcionar un sistema fácilmente entendible que pueda ser usado, para conseguir información de partes interesadas, y para revisión con las agencias públicas y reguladoras si fuera necesario.
- 4.- proporcionar las herramientas que puedan ser adaptadas según sea el caso, eliminando así la necesidad de reinventar la rueda cada vez que sean encontrados conjuntos de criterios de selección.

Siempre debemos tener presente que la selección de un sitio es, virtualmente por definición, un proceso que necesita de razonamiento. Una metodología para la selección de sitios no elimina la necesidad de razonamiento.

Esta ayuda meramente a organizar los hechos de manera que se pueda hacer el razonamiento y pueda ser mejor presentado a las partes interesadas sin que estas estén técnicamente involucradas.

## **2.- ¿Dónde encaja la selección de sitios en el esquema de las cosas?**

El proceso guía que debe ser aplicado a través del procedimiento de selección de un sitio, es que les sea dado un nivel de atención similar a los factores básicos de ingeniería y a las consideraciones sociales y ambientales en cada etapa del proceso y que cada uno debe ser tratado a un nivel de investigación equivalente.

La tabla 1 muestra la definición de los niveles de actividad equivalentes entre funciones de ingeniería y no ingenieriles, durante el desarrollo de un proyecto.

Una ilustración interesante de los datos equivalentes requeridos, es dada considerando la necesidad de suministro de información básica dentro de los aspectos ingenieriles del proceso de decisión.

Aunque sea requerida información geotécnica relativamente detallada, antes de que el sitio finalmente seleccionado sea confirmado, no se deberá especificar programas detallados de sondeos de una gran cantidad de los sitios candidatos en una etapa temprana del procedimiento.

Más bien, deberán ser examinados los datos disponibles. Los técnicos especialistas experimentados deberán sacar las conclusiones y se suministrará la información apropiada para la comparación de los sitios.

El proceso no deberá ser diferente para entrar la información social y ambiental a proceso de selección.

Los inventarios detallados de campo no son un ingrediente normal al proceso.

La preocupación normal de que los estudios no ingenieriles se nos saldrán de las manos, quizá surjan debido a algunas confusiones entre el concepto de selección de un sitio y el de preparar un estudio de impacto ambiental.

Los dos procesos representan etapas diferentes, siendo el estudio de impacto ambiental un nivel de evaluación detallado que normalmente será aplicado sólo al sitio finalmente seleccionado, aunque muy amenudo los requerimientos escritos de un estudio de impacto ambiental, incluirán una descripción comparativa de sitios

alternativos y una racionalización de la opción finalmente seleccionada.

La figura 1 indica la forma en la cual los procesos de selección y del estudio de impacto ambiental están relacionados al proceso de desarrollo del proyecto total, para una planta termoeléctrica que consuma los combustibles fósiles carbón y petróleo.

Es innecesario decir que el punto donde comienzan estos procedimientos generalizados, para un proyecto dado depende de la naturaleza de la instalación específica. Por ejemplo, en el caso de desarrollo hidroeléctrico, es la existencia del sitio mismo que define el potencial del proyecto.

De la misma manera, para una mina, el sitio en sí mismo está atado al área de mineralización. Sin embargo, aun en tales casos el enfoque desarrollado en la última parte de este trabajo, puede ser útil en acceder al desarrollo de opciones diferentes, en una localización dada y para comparación del desarrollo en cuestión en base a otros esquemas comparativos donde sea requerido.

También puede ser aplicado para seleccionar la localización de los componentes mayores del proyecto, una vez ha sido decidida la ubicación del proyecto (es decir, facilidades de agua de enfriamiento y manejo de ceniza, para plantas térmicas y; facilidades para depósito de desperdicios).

Habiendo definido ampliamente el tipo de actividad que deberá ser incertada en cada etapa de desarrollo de los proyectos, examinemos ahora sucintamente las herramientas que están disponibles, para conseguir la integración de valores cuantificables e intangibles en el procedimiento completo de selección.

### **3.- Técnicas de selección**

La literatura presenta una amplia gama de métodos para la selección de sitios, los cuales incluyen métodos de lista de chequeo, técnicas matriciales, métodos de superposiciones y de malla, métodos de escala multidimensional y combinaciones o variaciones de los anteriores.

Esos métodos son herramientas que podemos usar en una

situación dada y cada uno tiene sus partes fuertes y débiles. Sin embargo, debido a la gran cantidad de métodos y variantes disponibles, encontramos que existe un impulso inherente a utilizar otro método, cada vez que se encuentra un conjunto de condiciones muy diferentes, en el curso de la identificación de los sitios preferidos en los proyectos en que uno está envuelto.

Lo que parece necesitarse es un enfoque práctico generalizado que ofrezca suficiente flexibilidad, de manera que puedan acomodarse las diferencias inevitables entre proyectos, relativas a factores tales como el tamaño del proyecto, su sensibilidad a ser ubicado, la disponibilidad de datos, el balance relativo entre costo y otras consideraciones, y así sucesivamente.

El enfoque que sigue surge como respuesta a esa necesidad. No existe ningún alegato sobre la originalidad de los componentes que constituyen la forma de resolver el problema o sobre su aplicabilidad universal. Este ha sido aplicado a una gran cantidad de proyectos de diferentes tipos con éxito razonable.

La mayoría de proyectos de selección de sitio pueden ser manejados usando una de las tres técnicas siguientes:

1. Comparación Económica Simple - válido sólo cuando todos los criterios de localización pueden ser cuantificados en términos monetarios.
2. Técnica de Superposición - para ejercicios de selección que son de naturaleza regional, tales como rutas de transporte, líneas de transmisión, separación preliminar de áreas amplias.
3. Técnicas Matriciales - para proyectos que contienen el elemento "libertad de sitio" o para comparar sitios para proyectos específicos alternos.

En las secciones que siguen se discute cada una de estas técnicas, en la forma en que han sido usadas, poniendo énfasis en el último método debido a su mayor complejidad inherente.

### **3.1 Comparación Económica Simple**

Situaciones donde es válido este enfoque incluyen instalaciones

que son consideradas por todos los interesados (es decir, los ejecutores, el público y las agencias reguladoras) como que no tienen impactos ambientales y sociales significativos o alternatively, situaciones en las que esas consideraciones son juzgadas como iguales, para todas las alternativas a ser desarrolladas.

La localización de edificaciones industriales normales, dentro de un área específica de la instalación, podría representar un ejemplo de una situación tal.

Aunque el enfoque tiene limitaciones evidentes para instalaciones mayores, en que es raro que puedan o deban ser despreciadas las consideraciones no ingenieriles, el enfoque de comparación de costo simple, para selección de sitio, es ciertamente apropiado donde sus limitaciones son aceptables.

### 3.2 Superposiciones

Los métodos de superposición son particularmente útiles, en situaciones donde hay necesidad de manipular una gran cantidad de datos regionales, tal como ocurre cuando se está considerando rutas alternativas para líneas de tuberías, líneas de transmisión, autopistas etc. También son útiles cuando se están examinando áreas geográficas amplias, en el curso de la identificación o comparación de sub-regiones en las cuales puede ser localizada una planta.

Un ejemplo de esa situación podría ser el examen de una provincia entera, para comparar la adecuación de varias regiones, para localizar una facilidad industrial mayor.

Una vez que las regiones más apropiadas han sido identificadas, opciones detalladas de los sitios son comparadas usando el método matricial que será descrito más adelante.

La técnica de superposición usualmente envuelve la preparación de mapas de restricciones, en los cuales son montadas superposiciones transparentes, para cada restricción para el proyecto en conjunto con un mapa base de la región estudiada.

Las restricciones para las cuales son preparadas superposiciones, son normalmente seleccionadas como las que contienen consideraciones técnicas, ambientales y sociales, las cuales representan factores negativos o sensitivos relativos al sitio o ruta alternativa.



Podrían ser ejemplos los centros de población, regiones geotécnicamente pobres, áreas de vida silvestre crítica, áreas de alta productividad agrícola, etc. La sobreposición de las superposiciones de las restricciones, resultan en una presentación altamente explícita, desde la cual la selección de la mejor ruta o región puede ser hecha a veces directamente. El método proporciona un medio excelente para presentación y para involucrar a los grupos interesados.

En muchos casos se encontrará que no todas las restricciones pueden ser evitadas, lo que significa que deben hacerse juicios de valor o trueques entre una consideración y otra.

### 3.3 Técnicas matriciales

Existe una gran cantidad de técnicas todas clasificadas como métodos matriciales. La mayoría utiliza formas estandarizadas impuestas, listando sobre un eje factores ambientales detallados (los cuales preferimos llamar criterios de ubicación) graficados contra componentes del proyecto en el otro eje.

Varios tipos de factores con peso son entonces aplicados a la cuenta en las cajas de interacción resultantes. Todo esto está bien, pero un factor importante que falta en algunas de las técnicas formalizadas es la necesidad de flexibilidad.

Esta es una cualidad simple, si la técnica escogida va a ser usada para aplicaciones relativamente sencillas que envuelvan 3 ó 4 sitios, con un número similar de criterios de ubicación, y en proyectos que envuelvan muchos sitios alternos, diferentes fases de proyectos, y con una cantidad de criterios detallados de localización de sitios.

Esta flexibilidad puede ser lograda fácilmente considerando niveles sucesivos de detalles, para ambos ejes de la matriz de evaluación, optando siempre por el nivel más sencillo que haga el trabajo.

Por ejemplo, la línea superior de la matriz que describe los componentes del proyecto puede envolver una simple lista de los sitios alternativos; puede considerar cada alternativa para cada fase

de desarrollo, o puede ver cada componente mayor del proyecto para cada fase de desarrollo.

De manera similar, el eje vertical que trata los criterios de localización puede variar desde abarcarlo todo “encabezados de tópico” hasta un desglose detallado de temas como se indica en la tabla 3. Por eso, una vez es conocida la cantidad de sitios candidatos y se ha ganado alguna confianza por el tipo de datos disponibles, el nivel de detalle puede ser seleccionado para la matriz.

Antes de discutir el método de puntuación y jerarquización utilizados, es quizá oportuno recordar los objetivos básicos del proceso de selección. La razón de que el método matricial se esté usando en una situación dada en preferencia a una comparación económica simple, es porque hay necesidad de integrar esos factores que pueden ser cuantificados en términos monetarios, con una cantidad de consideraciones intangibles y para alcanzar un consenso, o por lo menos una opinión, sobre cuál se constituye en el mejor sitio.

Hay por lo menos dos métodos disponible para ayudar en el logro del balance entre las consideraciones de costos de ingeniería y los factores menos tangibles.

El primer método envuelve la inclusión de un “factor de costo relativo” como uno de los factores del eje vertical en la matriz (es decir, como un criterio de localización).

El costo de cada sitio puede ser expresado en esta columna, pero sólo sobre una base relativa, obviando por eso la necesidad de preparar estimados completos de ingeniería, para cada uno de los sitios en la etapa temprana de selección de sitios potenciales.

En la tabla 2 mostramos una matriz de evaluación, para un proyecto en el cual fueron comparados varios sitios potenciales de manera preliminar, utilizando el enfoque de costos relativos.

El segundo método de examinar el costo de un sitio respecto a sus consideraciones intangibles es usar una matriz, para desarrollar jerarquías sólo para los factores intangibles.

Al mismo tiempo son preparados estimados de costos de ingeniería, para cada uno de los sitios.

#### **4.- Recomendación**

Debido al surgimiento de tantos proyectos turísticos en el país, los cuales se están apropiando de los mejores sitios, es necesario reservar los sitios recomendados para construcción de plantas termoeléctricas, ya que de otra manera el desarrollo de los proyectos de este tipo resultaría sumamente costoso.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- McHarg, I. L. 1967. Design with nature. Doubleday, City.
- Marsh, W. M. 1978. Environmental analysis for land use and site planning. McGraw-Hill, New York.
- Tamblyn, T. A. y Cederborg, E. A. 1975. The environmental assessment matrix as a site-selection tool - a case study. Nuclear Technology.
- National Technical Information Service. 1976. Power plant siting - a bibliography with abstracts; 1964 - October 1976. NTIS, U.S. Department of Commerce, Virginia.
- Calvert, J. D., y W. L. Heilman. 1972. New approach to power plant siting. Journal of the power division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.
- Montreal Engineering Company, Ltd. 1979. An approach to interdisciplinary site selection.