

# **LOCALIZACIÓN DE UN ALMACÉN REGULADOR DE OFERTA Y DEMANDA DE PIEDRA NATURAL**

**Antonio Muñoz Porcar**

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Departamento de Economía y Dirección de Empresas.

CPS. Campus Río Ebro. Edificio Betancourt,

C/ María de Luna, 3. 50.018 Zaragoza

munoz@unizar.es

Muñoz Porcar, A. (2008). Localización de un almacén regulador de oferta y demanda de piedra natural. *Proyecto Social: Revista de relaciones laborales*, 12(12), pp. 143-160

## **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo localizar un almacén regulador (Yacimiento Artificial) de piedra natural en el que centralizar las exportaciones de este material por parte de las empresas. Para ello, se aplican diversas metodologías (regresión logística y centro de gravedad) que minimicen coste de transporte y almacenamiento hasta encontrar la ubicación que cumple esos requisitos. La localización seleccionada ha sido la plataforma logística de Teruel, que hace mínimos los costes mencionados. Se parte del concepto de Cadena de Valor de Porter, una de cuyas actividades que pueden proporcionar una ventaja competitiva a las empresas es la actividad de logística.

## **PALABRAS CLAVE**

Localización, yacimiento artificial, coste transporte, plataforma logística.

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to locate a regulating warehouse (Artificial Deposit) of natural stone in which to centralize the exports of this material. For it, some methodologies are applied (logistic regression and center of gravity) that diminishes transport cost and storage until finding the location that satisfies those requirements. The selected location has been the logistic platform of Teruel, that makes minimums the mentioned costs. Beginning from Chain of Value of Porter, one of whose activities that can provide a competitive advantage to the companies is the activity of logistic.

## **KEY WORDS**

Location, artificial deposit, transport costs, logistic platform.

## **SUMARIO**

I. INTRODUCCIÓN, II. VENTAJA COMPETITIVA Y “CADENA DE VALOR”, III. CONCEPTO DE “YACIMIENTO ARTIFICIAL” Y JUSTIFICACIÓN DE SU UTILIZACIÓN, 3.1. Justificación De Su Utilización, 3.1.1. Razones para el almacenamiento, 3.1.2. Funciones Del Sistema De Almacenamiento, 3.1.3. Otras razones y ventajas del “Yacimiento Artificial”, IV. METODOLOGÍA APLICADA, 4.1. Estimación de demanda futura, 4.1.1. Aplicación del modelo de regresión lineal, 4.2. Localización Del “Yacimiento Artificial”, 4.2.1. Aplicación del método del centro de gravedad, VII. CONCLUSIONES, REFERENCIAS, CURRÍCULUM VITAE

## **I. INTRODUCCIÓN**

El objeto de este trabajo es el desarrollo de un modelo para la localización e instalación de un almacén central para piedra natural, denominado “Yacimiento Artificial”, desde el que se coordinarán las exportaciones de las empresas de este sector en España. El uso del término “Yacimiento Artificial” se debe a la similitud de este almacén con lo que sería un yacimiento geológico minero, ya que en él se almacenarán bloques y tablas de los diferentes tipos y clases de materiales.

La base teórica de la que se parte para la elaboración del trabajo es el concepto de “Cadena de Valor” de Porter como fuente de ventaja competitiva. Porter (1985) define el valor como la suma de los beneficios percibidos que el cliente recibe menos los costes percibidos por él al adquirir y usar un producto o servicio. La “Cadena de Valor” consiste en descomponer una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. La forma de lograr la ventaja es desarrollando e integrando las actividades de su “Cadena de Valor” de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Dentro de lo que Porter llama “Cadena de Valor” genérica este trabajo se sitúa en las actividades primarias, por ser la logística el tema principal de éste. A su vez Porter hace otros tipos de distinciones de las actividades dentro de la “Cadena de Valor”, que encuadran este trabajo dentro de las actividades directas, ya que lo que se va a buscar va a ser mejorar la ventaja competitiva global del sector de la piedra natural, mediante la creación de alianzas estratégicas entre las empresas y mediante la utilización de un almacén intermedio común de distribución (“Yacimiento Artificial”).

Partiendo de estos principios, lo primero que se hace es explicar en detalle el concepto de “Yacimiento Artificial”. Una vez definido el concepto y sus características justificamos su utilización, dentro del marco teórico expuesto por Ballou (2004), que se basa en conceptos tales como la disminución de costes de transporte, coordinación de flujos de oferta y demanda, necesidades de producción y consideraciones de tiempo de suministro.

Una vez justificada la idoneidad en la utilización de este tipo de almacenes intermedios el siguiente paso es la búsqueda del punto de emplazamiento para este “Yacimiento Artificial”. La metodología utilizada es el Centro de Gravedad, formulación matemática que proporciona unas coordenadas sobre un plano considerando distancia, volumen transportado y coste de transporte y cuyo objetivo es la minimización de los costes totales de transporte. Este método localiza el resultado de emplazamiento del almacén cerca de aquellos puntos desde los que se realiza un mayor volumen de transporte. En este trabajo los datos aplicados son:

- 1) Las distancias desde las principales comunidades autónomas exportadoras hasta el emplazamiento idóneo.
- 2) Los volúmenes a exportar en el futuro, obtenidos mediante la aplicación de la regresión lineal basada en datos históricos de años anteriores.
- 3) El coste de transporte, obtenido a partir de los datos proporcionados por el ministerio de fomento.

Partiendo de la primera solución dada (aunque puede ser la óptima pero irrealizable)<sup>1</sup> elegimos otra solución que se adecue mejor a nuestras necesidades.

Como resultado, la solución óptima para el emplazamiento es la plataforma logística y de transportes situada en Teruel denominada Platea. La elección de esta plataforma logística responde a factores tradicionales de localización y que podemos resumir en:

- Intermodalidad (combinación de transporte por carretera y ferrocarril).
- Situación estratégica del eje de comunicaciones Cantábrico-Mediterráneo y proximidad a los principales puertos exportadores.
- Coste del suelo industrial. Las elevadas necesidades de suelo hacen de esta plataforma la más competitiva de su entorno.
- Acuerdos para hacer de esta plataforma puerto seco de los puertos marítimos más próximos.
- Adecuadas infraestructuras de servicios y suministros.

## **II. VENTAJA COMPETITIVA Y “CADENA DE VALOR”**

El trabajo desarrolla un modelo para la instalación de un “Yacimiento Artificial” de piedra natural en una plataforma logística en la provincia de Teruel, tomando como

---

<sup>1</sup> Este método proporciona como primera solución unas coordenadas geográficas sin considerar factores que hacen imposible esa localización, como ausencia de infraestructuras, zonas despobladas, montañosas, etc.

punto de partida le definición dada por Porter (1985) en *Competitive Advantage* sobre el concepto de “Cadena de Valor” como fuente de ventajas competitivas. Se parte de un análisis previo del sector empresarial, siguiendo la metodología de Porter, en el que se ha detectado que una de sus actividades primarias, la de la logística y distribución, es susceptible de fortalecimiento.

Porter define el valor como la suma de los beneficios percibidos que el cliente recibe menos los costes percibidos por él al adquirir y usar un producto o servicio. La “Cadena de Valor” es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual descomponemos una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. Esa ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su “Cadena de Valor” de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Por consiguiente la “Cadena de Valor” de una empresa está conformada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que éstas aportan. Una “Cadena de Valor” genérica está constituida por tres elementos básicos:

- **Las Actividades Primarias**, que son aquellas que tienen que ver con el desarrollo del producto, su producción, las de logística y comercialización y los servicios de post-venta.
- **Las Actividades de Soporte** a las actividades primarias, como son la administración de los recursos humanos, las de compras de bienes y servicios, las de desarrollo tecnológico (telecomunicaciones, automatización, desarrollo de procesos e ingeniería, investigación), las de infraestructura empresarial (finanzas, contabilidad, gerencia de la calidad, relaciones públicas, asesoría legal, gerencia general).
- **El Margen**, que es la diferencia entre el valor total y los costes totales incurridos por la empresa para desempeñar las actividades generadoras de valor.

Este trabajo se situaría entonces en las actividades primarias de la “Cadena de Valor”, por ser la logística el tema principal de éste. Dentro de lo que sería la logística, Porter distingue entre dos grupos de actividades:

- **Inputs o logística interna**, que abarcan todas las actividades necesarias para llevar a cabo la recepción de factores, su almacenamiento, el control de stocks y el manejo de materiales hasta el inicio de la fabricación. Un debido conocimiento de todos estos procesos y su control son necesarios para conocer qué factores están influyendo de forma negativa o positiva sobre los mismos, de forma tal que permitan la adopción de medidas y la concentración de recursos (materiales, humanos o financieros) para eliminar las debidas existencias, así como identificar los puntos fuertes que existen y que se pueden convertir en fuente de ventaja competitiva.
- **Outputs o logística externa**, que corresponde a las actividades de almacenamiento de productos terminados y su posterior distribución física. Para garantizar que la oferta llegue en las condiciones idóneas al cliente final, las funciones de almacenamiento deben proporcionar seguridad y un cumplimiento riguroso

de los requerimientos previstos de acuerdo al tipo de producto para evitar deterioros o mermas que atenten contra la calidad o la cantidad. Para ello es necesario que se cuente con las condiciones necesarias y se vele por el desarrollo eficaz de esta actividad. En cuanto a la función de distribución se debe ser cuidadoso en la selección del canal, éste debe estar diseñado de forma tal que los costes de transporte estén dentro de los límites aceptables para la empresa y que cumpla con las expectativas de tiempo del cliente. Un funcionamiento eficaz de esta función puede constituir la base para fuente de ventaja competitiva, no sólo para la empresa, también para el cliente.

### **III. CONCEPTO DE “YACIMIENTO ARTIFICIAL” Y JUSTIFICACIÓN DE SU UTILIZACIÓN**

Consistirá en un único punto exclusivo de almacenamiento para las exportaciones del sector de la piedra natural en España. En él se almacenaría todo el material procedente de los distintos puntos de extracción que vaya a ser exportado, para posteriormente distribuirlo desde ahí a los diferentes lugares de destino. Este centro de distribución es lo que se denomina “Yacimiento Artificial” porque en él se almacenaría la piedra natural como si de un yacimiento geológico minero se tratara, pero con la diferencia de que aquí todo el material que se almacenase estaría ya preparado para ser exportado, es decir no necesitaría de ningún tipo de tratamiento ni de proceso productivo.

En este yacimiento se almacenarían los tres grupos básicos que componen el sector de la piedra natural: mármol, granito y pizarra con sus distintas variedades.

#### **3.1. Justificación De Su Utilización**

Ballou (2004) expone las razones para la utilización de un centro logístico de estas características:

- 1) Reducción de los costes de producción-transporte.
- 2) Coordinación de oferta y demanda.
- 3) Necesidades de producción.
- 4) Consideraciones de tiempo de suministro.

A su vez, dentro de las funciones de almacenamiento distingue entre dos:

- 1) Funciones del sistema de almacenamiento: mantenimiento o pertinencia, consolidación y división de envíos y mezcla.
- 2) Funciones del manejo de materiales: carga y descarga, traslado hacia y desde el almacenamiento y surtido de pedidos.

Partiendo de estas justificaciones, a continuación se aplican al caso de este estudio.

### *3.1.1. razones para el almacenamiento*

#### *Reducción de los costes de transporte:*

Este “Yacimiento Artificial” almacenará todo el material que este sector exporta al extranjero, por lo que se va a realizar el transporte de volúmenes muchos mayores que los que realizaría cada empresa en caso de no hacerlo. Los medios de transporte que se utilizarán son transporte en camión, por ferrocarril y en barco.

Los costes de transporte por camión principalmente se descomponen en los gastos de terminal y los gastos de transporte de línea. Los gastos de terminal, los cuales incluyen la recolección y el envío, el manejo de plataforma, y la facturación y el cobro representan del 15 al 25% de los costes totales de este tipo de transporte. Estos costes disminuyen cuando se distribuyen sobre tamaños mayores de envío. Los costes del transporte de línea representan entre el 50 y 60% de los costes totales. No está claro que los costes unitarios de transporte de línea necesariamente disminuyan con la distancia o el volumen, sin embargo los costes unitarios totales disminuyen con el tamaño del envío y la distancia a medida que los costes terminales y otros gastos fijos se distribuyen sobre más tonelada-kilómetro.

En el transporte ferroviario los costes variables (sueldos, combustible, aceite y mantenimiento) por definición varían en forma proporcional con la distancia y el volumen, sin embargo existe cierto grado de indivisibilidad de algunos costes variables, de manera que los costes variables disminuyen ligeramente al aumentar el volumen de transporte. Los costes fijos serían la suma del mantenimiento y depreciación de las vías, la depreciación de las instalaciones de la terminal y los gastos de administración. El efecto neto de los altos costes fijos y relativamente bajos costes variables es la creación de importantes economías de escala en los costes de la transporte ferroviaria. La distribución de los costes fijos sobre un mayor volumen por lo general reduce los costes unitarios.

En el transporte marítimo los costes fijos predominantes son los costes de terminal. Estos costes de terminal incluyen las tarifas de puertos, cuando el transportista ingresa al puerto, y los costes de cargar y descargar la mercancía. Estos costes de terminal que por lo general son altos se compensan en cierta forma por los muy bajos costes de transporte de línea. Los costes operativos (sin incluir mano de obra) son particularmente bajos debido a la mínima resistencia al movimiento a bajas velocidades. Con altos costes de terminal y bajos costes de transporte de línea, el coste por tonelada-kilómetro cae en forma importante con la distancia y el tamaño del envío. De esta forma el transporte acuático es el más económico para grandes volúmenes y largas distancias.

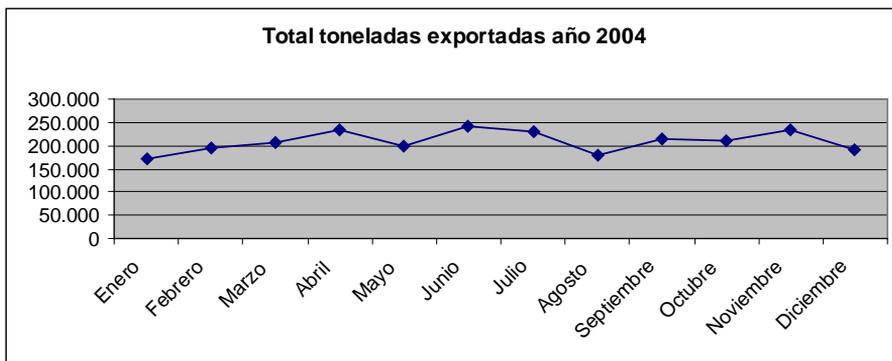
Como se aprecia, poder trabajar con volúmenes de transporte mayores supone la creación de unas economías de escala que tienen como resultado una reducción en el coste unitario de transporte en las tres modalidades que aquí se van a utilizar.

Además del ahorro en costes derivado de la escala, el poder negociador con los proveedores de transporte se elevaría, consiguiendo reducciones en los precios.

### *Coordinación de oferta y demanda:*

Aunque no se trata de un producto extremadamente estacional, las exportaciones varían a lo largo de los diferentes meses del año, como se puede ver en la figura 1.

*Figura 1. Evolución mensual del total de toneladas exportadas de piedra natural en el año 2004.*



Fuente: Informes de la Federación Española de la Piedra Natural (4).

Se aprecia que el promedio de exportaciones se situó en el año 2004 en más de 209.000 toneladas por mes, aunque existen importantes variaciones en algunos de los meses del año. Las oscilaciones en cantidad en su vertiente de aumento llegan a superar el 37% en los meses de agosto y noviembre, siendo, asimismo, significativas en los meses de enero, marzo y junio; por el contrario los meses de febrero, abril, mayo, julio y octubre reflejan importantes descensos de exportación. Estas variaciones supondrán la necesidad de almacenar en el “Yacimiento Artificial” un cierto nivel de inventarios que permita adecuar y coordinar la oferta y la demanda.

Además, la utilización de estos inventarios supondrá también una mejora del servicio al cliente que en muchos casos no sólo puede mantener las ventas, sino aumentarlas y una reducción de costes. Aunque mantener inventarios tiene un coste asociado, su uso puede reducir indirectamente los costes de operación de otras actividades de la cadena de suministros, que podrían más que compensar el coste de manejo de inventarios.

Primero, mantener inventarios puede favorecer economías de producción, lo que permite periodos de producción más grandes, más largos y de mayor nivel. El rendimiento de la producción puede estar desacoplado de la variación de los requerimientos de la demanda, por lo que los inventarios existen para actuar como amortiguadores entre los dos.

Segundo, mantener inventarios alienta economías en el transporte. Los costes de transporte a menudo pueden reducirse mediante el envío de cantidades más grandes, como hemos visto anteriormente.

Tercero, la variabilidad en el tiempo que se necesita para producir y transportar bienes por todo el canal de suministros puede causar incertidumbres que impacten en los costes de operación, así como en los niveles de servicio al cliente. Los inventarios se usan a menudo en muchos puntos del canal para amortiguar los efectos de esta variabilidad, y por lo tanto para ayudar a que las operaciones transcurran sin sobresaltos.

Cuarto, en el sistema logístico pueden acontecer impactos no planeados ni anticipados. Huelgas laborales, desastres naturales, oleadas en la demanda y retrasos en los suministros son ejemplos de contingencias contra las cuales los inventarios pueden ofrecer alguna protección. Tener algún inventario en puntos clave por todo el canal de suministros permite al sistema seguir operando durante un tiempo, mientras se puede disminuir el efecto del impacto.

*Consideraciones de tiempo de suministro:*

La localización del “Yacimiento Artificial” se justifica a partir del método del Centro de Gravedad que sitúa el almacén más cerca de aquellos puntos desde los que se realizan mayor volumen de transporte. Estar más cerca de estos núcleos de extracción va a suponer una reducción del tiempo de reparto.

También se debe destacar la disponibilidad de un sistema intermodal en el emplazamiento que finalmente se elija, lo cual supondrá también unos adecuados medios de comunicación que permitan un transporte rápido.

### *3.1.2. Funciones del Sistema de Almacenamiento*

*Funciones de almacenamiento:*

- Mantenimiento o pertinencia: Como es obvio estas instalaciones de almacenamiento, suministrarán protección y cabida ordenada a los inventarios.
- Consolidación: En este caso los materiales a almacenar se originarán a partir de una serie de puntos de origen, lo cual hace que resulte interesante y económico establecer este punto de recolección para consolidar los pequeños envíos en otros más grandes y reducir los costes generales de transporte.

En este punto cabría explicar la diferencia entre lo que sería un almacén de depósito y un almacén de distribución. Un almacén de depósito implica que gran parte del espacio del almacén se dedica al almacenamiento semipermanente o de largo plazo. Por lo contrario, un almacén de distribución tiene mayor parte de su espacio asignado al almacenamiento temporal, y se le da más atención a la velocidad y facilidad del flujo del producto. Obviamente, muchos almacenes operan con ambas capacidades y la diferencia es cuestión de grado, en nuestro caso el 50% para cada modo.

- División de envíos: Una vez que se disponga de los materiales en el almacén, en él se realizará la consolidación de pedidos para los diferentes puntos de destino
- Mezcla: Éste es uno de los principales usos de este “Yacimiento Artificial”, ya que permitirá disponer de una gran variedad de productos en lo que a procedencia,

calidades y tipos de producto se refiere. Como se ha visto en el desarrollo del concepto de “Yacimiento Artificial”, en él se almacenarán los tres tipos básicos de productos que componen la piedra natural y que son mármoles, pizarras y granitos. A su vez dentro de estos tres subgrupos tendremos diferentes variedades según su procedencia y tipo de producto (bloques y tablas).

*Manejo de materiales:*

- Carga y descarga: Lógicamente también permitirá la carga y descarga de material.
- Traslado hacia y desde el almacenamiento: Esta es otra de las funciones lógicas de este “Yacimiento Artificial”.
- Surtido de pedidos: También permitirá la selección de las existencias desde las zonas de almacenamiento según los pedidos de ventas.

*3.1.3. Otras razones y ventajas del “Yacimiento Artificial”*

Además de los motivos hasta aquí expuestos, otros con los que argumentar la creación de este “Yacimiento Artificial” serían:

**Ausencia de problemas ambientales de tipo minero:** Este yacimiento no tendría la problemática medio ambiental que existe hoy en día, la cual obliga a restaurar los espacios afectados por actividades extractivas. Las restricciones que se aplican a la minería son cada vez más fuertes, lo que se traduce en una mayor dificultad para abrir nuevas canteras y en unos procedimientos legales caros y lentos.

**Sector con futuro:** el sector de la piedra natural es un sector con futuro y de gran importancia a nivel internacional. En los últimos años la facturación de mármol, que es el material del que mayor volumen se exporta, se ha duplicado. Como muestra la figura 2 desde el año 1998 en el que se exportaron 1.631.094 toneladas se ha pasado a exportar 2.509.300 en el año 2004.

Figura 2. Evolución del total de toneladas exportadas de piedra natural desde 1998 hasta 2004.



Fuente: Informes de la Federación Española de la Piedra Natural (4).

**Creación de alianzas estratégicas y obtención de sinergias como resultado de esta superorganización:** Esta forma de llevar a cabo las actividades de exportación daría lugar a una superorganización, ya que tenemos un grupo de empresas relacionadas por sus procesos de negocios y sus mutuos objetivos (satisfacer al cliente y maximizar los beneficios), pero que están legalmente separadas. Esta superorganización daría lugar a grandes sinergias y permitiría la creación de alianzas estratégicas con las ventajas que esto supone hoy en día. La ventaja principal que en este caso se pudo obtener es mantener un fuerte control sobre las actividades logísticas mediante una red común de transporte y beneficiarse de las eficacias asociadas con la escala de actividades que pueden ocurrir al concentrar todas las actividades logísticas de todo el grupo de empresas que componen el sector bajo un único director.

#### IV. METODOLOGÍA APLICADA

A continuación se expone la metodología aplicada para el cálculo de la estimación de demanda futura y para la localización del “Yacimiento Artificial”.

##### 4.1. estimación de demanda futura

En la tabla 1 se presentan las toneladas exportadas de piedra natural, en sus tres modalidades (mármol, granito y pizarra) que van a servir de base a cálculos posteriores.

Tabla 1. Evolución de las toneladas totales exportadas.

EVOLUCIÓN DE LAS TONELADAS TOTALES EXPORTADAS						
Año	MÁRMOL		GRANITO		PIZARRA	
	Bruto	Elaborado	Bruto	Elaborado	Bruto	Elaborado
1.998	332.071	205.647	380.242	192.402	15.524	508.207
1.999	386.592	218.179	403.182	215.482	13.854	573.287
2.000	477.958	224.328	395.685	243.530	14.134	626.687
2.001	517.681	250.477	354.827	256.732	12.057	634.683
2.002	838.715	268.448	329.815	251.874	13.833	584.104
2.003	1.125.017	293.786	294.214	247.643	4.702	611.676
2.004	1.091.173	263.036	294.591	233.309	9.743	617.420

Fuente: Informes de la Federación Española de la Piedra Natural (4).

El pronóstico de los niveles de demanda es un aspecto fundamental a tener en cuenta ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, entre ellas la logística. En este caso se va a realizar una estimación de las exportaciones de mármol, pizarra y granito (distinguiendo entre material bruto y elaborado) para las comunidades autónomas exportadoras a partir de la aplicación del modelo de *Regresión Lineal* a los datos de la tabla 1. Posteriormente se utilizarán estas estimaciones en el desarrollo del método del Centro de Gravedad para determinar el emplazamiento del “Yacimiento Artificial” y en el cálculo de los niveles de inventario que se almacenarán en él.

#### 4.1.1. Aplicación del modelo de regresión lineal

El método elegido para hacer las estimaciones de demanda futura ha consistido en realizar un ajuste mediante el modelo de regresión lineal de los datos históricos de las exportaciones de años anteriores.

La selección de este método se debe a que viendo de forma gráfica los datos históricos, en general se aprecia una tendencia lineal. A partir de este ajuste se calcularán las exportaciones de las comunidades autónomas para los diferentes materiales en el año 2015, que es el año elegido para realizar las previsiones de demanda. Estas previsiones se han realizado para las comunidades que se han tenido en cuenta en la aplicación del método del Centro de Gravedad, que son las que abarcan más del 90% del total del material exportado como se verá en el siguiente apartado de este capítulo y son: Comunidad Valenciana, Andalucía, Murcia, Galicia, País Vasco, Castilla y León, Navarra y Cataluña.

En primer lugar se ha realizado el ajuste para el total de toneladas exportadas de cada material (mármol, pizarra y granito tanto en estado bruto como elaborado) a partir de los datos históricos de las exportaciones desde el año 1998 hasta el 2004. Los  $R^2$  obtenidos, que miden el grado de asociación lineal que existe entre las toneladas

exportadas y el periodo de exportación, son muy elevados, entre 0,8 y 0,9, lo que indica un buen ajuste y por lo tanto una buena predicción.

Finalmente a estas previsiones para las exportaciones totales de cada material se han aplicado unos porcentajes para obtener así lo que exportará cada comunidad. Dichos porcentajes se han calculado a partir de lo que exportó cada comunidad de cada material sobre el total exportado en el año 2004. Los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 3. Previsión por comunidades autónomas de toneladas exportadas para el año 2015, en miles de toneladas.

PREVISIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE TONELADAS EXPORTADAS PARA EL AÑO 2015						
	Mármol bruto	Mármol elaborado	Granito bruto	Granito elaborado	Pizarra elaborada	TOTAL
Valenciana	1.528,2	322,0	2,1	33,5	0	1.886,0
Andalucía	783,2	35,2	0	4,3	0,7	823,6
Murcia	230,0	16,3	0	0,3	0	246,7
Galicia	24,6	6,4	69,5	215,8	0,5	863,4
País Vasco	79,4	12,0	2,6	0,05	1,5	152,1
Castilla y León	0	0,4	0,8	0,3	173,5	175,1
Navarra	13,6	3,0	0	0	0	16,7
Cataluña	38,3	9,8	0,4	4,6	23,2	76,6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Localización Del “Yacimiento Artificial”

Ubicar una instalación es un problema considerablemente diferente a ubicar muchas instalaciones, evita la necesidad de considerar las fuerzas competitivas, la división de la demanda entre instalaciones, los efectos de consolidación de inventario y los costes de instalación.

Dentro de la metodología seguida a la hora de elegir el emplazamiento de este “Yacimiento Artificial”, el primer paso dado ha consistido en aplicar el método del Centro de Gravedad, que tiene como objetivo minimizar los costes totales de transporte. Este método proporciona unas coordenadas geográficas sin tener en cuenta que la localización de estas se encuentre en una zona sin infraestructuras, despoblada, etc, como ha ocurrido en este caso. Es por esto por lo que a partir de esta primera solución proporcionada por el método se ha buscado en un radio próximo un centro logístico que se adecuara a las necesidades, teniendo en cuenta el precio del suelo industrial como uno de los factores clave.

#### 4.2.1. Aplicación del método del centro de gravedad

Uno de los métodos más conocidos para la ubicación de una sola instalación es el método del Centro de Gravedad,<sup>2</sup> Se trata de una formulación matemática que da como resultado una localización que permita obtener unos costes de transporte mínimos, ya que tiende a localizar la solución cerca de aquellos puntos que generen la mayor parte de la actividad. En este caso cerca de aquellas comunidades autónomas desde las que se exporta mayor cantidad de piedra natural.

Este método se utiliza para la ubicación de una instalación desde la que se va a distribuir a varios almacenes, pero en nuestro caso se va a utilizar para ubicar una instalación que va a recibir material desde las diferentes comunidades autónomas exportadoras, ya que el fundamento de lo que se pretende es el mismo: minimizar los costes de transporte entre varios puntos y un almacén central. Lo que cambia es que en nuestro caso el material se transportará desde las diferentes comunidades autónomas exportadoras hasta el “Yacimiento Artificial”, en vez de que éste viaje desde un almacén central hasta varios puntos, es decir sólo cambia la dirección del material, por lo que a la hora de minimizar estos costes de transporte nos sirve también este método.

Los factores que va a tener en cuenta en este caso el método son: la localización de las comunidades autónomas exportadoras, las toneladas a exportar desde cada comunidad en el futuro obtenidos mediante la aplicación de la regresión lineal basada en datos históricos de años anteriores, y el coste del transporte desde las comunidades autónomas exportadoras hasta el “Yacimiento Artificial”.

A la hora de determinar la ubicación de los puntos que representan a cada comunidad se ha buscado una posición lo más representativa posible para cada una de ellas. Para el caso de Andalucía, el hecho de colocar el punto tan a la derecha de la comunidad se debe a que el principal punto de extracción se localiza en Macael (Almería), en donde se encuentran las canteras de mármol más importantes de la península. En Castilla y León se ha tenido en cuenta la importancia de León en exportaciones de pizarra. Para la Comunidad Valenciana se ha tenido también en cuenta la importancia de Alicante en las exportaciones del mármol, lo que ha hecho ubicar el punto un poco más abajo. Estas localizaciones las podemos ver en la figura 3.

El material que se va a transportar desde cada comunidad autónoma será el mismo que se exporta desde cada una de ellas, sólo que ahora en vez de exportarlo directamente primero se transportará hasta el “Yacimiento Artificial”, para luego desde allí exportarlo a los correspondientes puntos de destino del extranjero.

La tarifa de transporte será la misma en todos los casos, el traslado del material desde las comunidades exportadoras hasta el “Yacimiento Artificial” se realizará en camión. Estas tarifas se han estimado en 0,096 €/tonelada Km para el transporte por carretera.

El punto de partida de la técnica es un mapa en el que se identifican las diversas instalaciones por las coordenadas del lugar en que se ubican y el peso o número de

---

2 Para más detalles véase Ballou (2004)

envíos que se realizan periódicamente. El resultado son las coordenadas de una localización central que minimiza el coste de transporte.

Para determinar las coordenadas se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum P \cdot R \cdot X}{\sum P \cdot R}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum P \cdot R \cdot Y}{\sum P \cdot R}$$

$P_i$ : Es el peso transportado desde cada instalación

$R_i$ : Es la tarifa de transporte asociada a cada producto

$X_i$ : Es la coordenada del eje de abscisas de cada uno de los puntos de origen del material.

$Y_i$ : Es la coordenada del eje de ordenadas de cada uno de los puntos de origen del material.

Una vez que se dispone de toda la información, se ha aplicado el método y se ha obtenido la solución, la cual se muestra en la figura 3 (SOLUCIÓN), junto con los puntos que han intervenido en la búsqueda de la misma y un indicador proporcional a las toneladas exportadas por cada comunidad.

Figura 3. Localización de la solución del método del Centro de Gravedad y de las comunidades autónomas exportadoras.



Fuente: Elaboración propia

La solución inicial (SOLUCIÓN) que se obtiene en este caso al aplicar el método del Centro de Gravedad se localiza en una zona montañosa, lo cual hace que resulte absurdo localizar el yacimiento estrictamente en la solución proporcionada por este método. A partir de esta solución se va a buscar la plataforma logística lo más cercana posible a la misma y que más se adecue a nuestras necesidades. Partiendo de la solución dada por el método del Centro de Gravedad el siguiente paso era buscar un centro logístico que en un radio próximo se adecuara a las siguientes necesidades: bajo precio del suelo industrial y una infraestructura de comunicaciones y de servicios adecuada.

Dentro de la provincia de Cuenca, que es el lugar en el que se localiza la solución proporcionada por el método del Centro de Gravedad no existía ninguna plataforma logística con las características deseadas, y el desplazarnos más hacia el centro de la península suponía un aumento en el coste del transporte ya que la zona de mayor actividad de cara a la exportación se desarrolla por la zona de Valencia, Murcia y el este de Andalucía. Se pensó también en Parcsagunt, que es una plataforma logística en proceso de construcción que se encuentra en Sagunto (Comunidad Valenciana), pero con un elevado precio del suelo industrial, el cual se sitúa en torno a los 190€/m<sup>2</sup>. Otra de las opciones era Plaza, situada en Zaragoza, pero también presentaba un elevado coste del precio del suelo Industrial, en este caso de 120 €/m<sup>2</sup>. La otra opción era Platea, que es una plataforma logística ya en construcción situada junto a Teruel. Platea es la ubicación que finalmente se adoptó para el “Yacimiento Artificial”, ya que además de satisfacer las necesidades en lo que a intermodalidad e infraestructuras se refiere, tiene una localización más cercana a la solución del método del Centro de Gravedad que en el caso de Plaza o de Parcsagunt. Platea contará con puerto seco y además ofrece un precio del suelo industrial que se sitúa en torno a los 45 €/m<sup>2</sup>, bastante más económico también que las otras dos opciones barajadas inicialmente.

A continuación se exponen de forma más detallada los factores que ponen de manifiesto el cumplimiento en Platea de las expectativas tanto a nivel económico como a nivel de infraestructuras:

– Bajo precio del suelo industrial: Ésta es una de las principales bazas de Platea, ya que cuenta con un precio del suelo de 45 €/m<sup>2</sup>. Éste ha sido uno de los factores más importantes que se han tenido en cuenta ya que una de las principales características de los almacenes logísticos es la gran cantidad de superficie que suelen ocupar, por lo que el precio del suelo industrial era clave en este caso.

– Adecuada infraestructura de comunicaciones: Platea contará en los próximos años con una infraestructura de comunicaciones tanto por carretera como ferroviaria que la conectará con los principales puntos de la península. Además actualmente está en estudio un trabajo para abrir una línea aérea cuyo aeropuerto se localizaría en el antiguo polígono de tiro de Caude y que permitiría en principio realizar vuelos comerciales entre Teruel y otras ciudades del país. Este trabajo surge a consecuencia de la creación de una primera pista de aterrizaje de 4km que permitirá la entrada en

funcionamiento de la planta de mantenimiento y desguace de aviones, promovida por la empresa zaragozana López Soriano.

Platea enlazará por una parte con la cornisa Cantábrica a través del corredor mixto ferroviario “Cantábrico Mediterráneo” que será habilitado en los próximos años.

La operatividad de la autovía Mudéjar conecta el Levante peninsular con el norte del Estado a través de su trazado natural por Aragón, consiguiendo que Teruel se convierta en una referencia de intermodalidad en la España interior.

– Adecuada infraestructura de servicios:

- Platea contará con una superficie de 2.581.325 m<sup>2</sup>, lo cual permitirá sin ningún tipo de problema futuras expansiones.
- Aprovisionamiento de agua: Contará con abastecimiento de agua procedente de la red municipal. Dispondrá además de un depósito de agua de 4000m<sup>3</sup>.
- Vertidos: Contará con red de evacuación de aguas pluviales y de saneamiento, así como de una estación depuradora (red municipal).
- Red de gas: Contará con conexión al gaseoducto de las cuencas mineras.
- Energía eléctrica: Las calles dispondrán del circuito de media tensión, mientras los 17 centros de transformación proyectados cubren las necesidades previstas.
- Red de telefonía y nuevas tecnologías: Dispondrá de arquitectura de red de alta tecnología formada por una red troncal y otra de distribución.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se han determinado y se ha dado solución a los diferentes aspectos que desde el primer momento se plantearon dentro del alcance del trabajo. Se ha elegido una localización para el “Yacimiento Artificial”, así como las rutas y los medios de transporte a utilizar en cada caso.

En todos los cálculos y métodos aplicados se ha tenido en cuenta la evolución que podían tener las exportaciones de piedra natural, ya que en los últimos años han experimentado un gran aumento. Para esto se hicieron unas estimaciones a partir de las toneladas exportadas en años anteriores para cada uno de los materiales. Estas estimaciones como se ha podido ver se ajustan bastante a la evolución de la demanda, sobre todo para los materiales que suponen gran parte del total exportado, por lo que pueden darse como buenas.

El primer aspecto a destacar son las ventajas que este “Yacimiento Artificial” va a permitir, sin las cuales no tendría sentido la creación del mismo. Dentro de esta parte la mayor ventaja que va a suponer son las economías de escala que se podrían crear al trabajar con unos volúmenes de transporte tan grandes de piedra natural.

Va a permitir también un mejor ajuste entre la oferta y de la demanda con las ventajas que esto va a suponer: se podrá dar un gran nivel de servicio (tanto en cantidad como en variedad) y hacer frente a posibles incrementos repentinos que pudieran ocurrir en la demanda de este tipo de materiales.

También habría que destacar aquí el fuerte control que se podrá tener de las actividades logísticas así como las futuras sinergias que se vayan creando de esta unión.

La base sobre la que se ha elaborado el trabajo en todo momento se ha tratado de minimizar costes. Por una parte se ha buscado suelo industrial de bajo precio debido a la gran superficie que se iba a necesitar para una instalación de este tipo. Por otra se han buscado los medios de transporte más baratos que se pudieran utilizar para lograr así aun un mayor ahorro en el transporte que es uno de los grandes costes logísticos, aun más en este caso por las elevadas cargas con las que se trabaja.

Partiendo de estas dos ideas lo primero que se determinó fue la localización del “Yacimiento Artificial” aplicando el método del Centro de Gravedad.

La solución dada se localizaba en una zona montañosa y sin infraestructuras por lo que partiendo de este primer punto proporcionado por el método del Centro de Gravedad se buscó la plataforma logística más cercana a el mismo y que más se adaptara a las necesidades que había. Entre las posibilidades de ubicación que se estudiaron, se eligió Platea que es la que mejor cumple las expectativas que se tuvieron desde el primer momento: un precio de suelo industrial barato, en este caso bastante más que el resto de opciones barajadas y cercanía a la solución proporcionada por el método de Centro de Gravedad, también era la opción más cercana entre las que se barajaron.

Platea cumple además el resto de requisitos que se debían tener en cuenta. Contará con una infraestructura de servicio y unos medios de comunicación tanto por carretera como ferroviaria excelente, que la comunicarán con el resto de la península y con los principales puertos del mediterráneo, los cuales van a servir de enlace con los países a los que se dirigen estas exportaciones.

Quizá en principio puede resultar sorprendente que Galicia que es una de las comunidades autónomas que exporta bastante piedra natural, tenga que transportar el material hasta Platea para posteriormente exportarlo desde allí, en vez de realizar sus exportaciones directamente por alguno de sus puertos. Sin embargo gran parte del granito que es el material que más exporta esta comunidad tiene como destino final Francia e Italia, lo cual demuestra que tiene sentido su transporte en camión hasta Platea y desde allí en tren hasta su destino final teniendo en cuenta las reducidas tarifas de tren debido a las economías de escala que se van a crear al transportar grandes volúmenes en un mismo viaje. Además hay que tener en cuenta que el objetivo de este trabajo desde el primer momento fue crear un único punto de almacenamiento y distribución para todas las comunidades autónomas exportadoras ya que esta es la única forma de poder aprovechar al máximo las ventajas que supondrá el uso del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. (2004): *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México, Pearson Education.

PORTER, M. E. (1980): *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. New York: The Free Press, cop

PORTER, MICHAEL E. (1985): *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. London: The Free Press: Collier Macmillan, 1985.

INFORMES DE LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE LA PIEDRA NATURAL desde el año 2000 al 2004. [www.fdp.es](http://www.fdp.es)

MARTÍNEZ SÁNCHEZ A.; Pastor Tejedor, A.; Pérez Pérez, M. (1999). *Manual de Organización de Empresas. Tomo III. Producción, Logística y Calidad Industrial*. Zaragoza, Departamento de economía y Dirección de Empresas. Área de organización de empresas.

*Observatorio de mercado del transporte de mecánicas por carretera nº 9*. Ministerio de Fomento. Dirección general de transportes por carretera. [www.mfom.es](http://www.mfom.es)

NAVARRO ELOLA, L.; GONZÁLEZ MENORCA, L.; Pastor Tejedor, A. C. (1995). *La Empresa. Economía y dirección*. MIRA EDITORES, S.A.

REGUEIRO Y GONZÁLEZ-BARROS M.; LOMBARDEO BARCELÓ, M. (2007): *Innovaciones Y Avances En El Sector De Las Rocas Y Minerales Industriales*. Madrid Publicado por el Ilustre Colegio Oficial de geólogos de España.

PAU I COS, J. (2001): *Manual de logística integral*. Madrid: Diaz de Santos, D.L.

CANAVOS, G. C (1998). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos*. México. Mc Graw-Hill/ Interamericana de México, S.A. de C.V.

MARTIN CHRISTOPHER (2002). *Logísticas. Aspectos estratégico*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.

## CURRÍCULUM VITAE

**Antonio Muñoz Porcar**, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Zaragoza. Posgrado en Organización Industrial. Profesor del Departamento de Economía y Dirección de Empresas (área de Organización de Empresas) en el Centro Politécnico Superior, donde compagina sus tareas docentes e investigadoras. Sus principales líneas de investigación se centran en temas relacionados con la política industrial y localización empresarial. Es autor de diversos artículos y trabajos de investigación y ha participado como ponente en diferentes congresos nacionales e internacionales.

*Fecha recepción: 16/07/2008*

*Fecha aceptación: 28/10/2008*