

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

8. Localización

Prof. Tomás Grubessich F.
tomas.grubessich@usm.cl



LOCALIZACIÓN

Problema de localización de instalaciones

Determinar **en que lugar(es)** o sitio(s) localizar la(s) instalación(es) de una organización, con el fin de **minimizar el costo total** considerando restricciones tales como **demanda, capacidad y tipo de instalación.**



LOCALIZACIÓN

Proximidad a materias primas

- Menor costo de transporte
- Menor riesgo por falta de aprovisionamiento
- Menores plazos de aprovisionamiento

Proximidad del suministro de servicios

- Agua, alcantarillado, electricidad, teléfono, bancos

Proximidad del mercado

- Menor costo de transporte
- Menores plazos de entrega

Imagen

- Prestigio asociado a una determinada zona

Impacto ambiental

- Gases, efluentes líquidos, contaminación acústica, paisajismo

Costos del terreno

- Adquisiciones, urbanización

LOCALIZACIÓN

Vías de comunicación

- Carreteras, ferrocarril, puertos, aeropuertos.
- Personal, materiales y producto

Subvenciones

- Aporte de tecnologías, empleo

Incentivos fiscales

- Polígonos industriales, zona franca

Mano de obra

- Disponibilidad, cualificación, costo, sindicación, conflictividad

Actitudes del entorno hacia las actividades de la compañía

- Desarrollo, crecimiento

Potencial de crecimiento de la comunidad

- Universidades, colegios

FACTORES DE LOCALIZACIÓN

Factores cualitativos

Escala de ponderación por sus respectivos pesos. Esto permite determinar umbrales para, si bien no decidir, al menos descartar algunas alternativas.

Factores cuantitativos

Se suman para minimizar costos

Se debe comparar la localización dada por el análisis de los factores cuantificables, con la seleccionada por los factores cualitativos.

Si coinciden, la opción es clara. Si no, la dada por el primer análisis suele ser escogida a no ser que tenga una puntuación muy baja en el aspecto cualitativo.

CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Por factor determinante

La localización de una instalación es frecuentemente determinada por un **factor crítico**.

- **Costos fijos de instalación y costos variables** en el caso de plantas, centros de distribución, bodegas y almacenes.
- **Cobertura** en caso de bienes públicos (escuelas, hospitales, consultorios, estaciones de bomberos).
- **Captura de mercado** en el caso de centros de retail (minoristas)

CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Por el número de instalaciones

- El problema de localizar una instalación es diferente a localizar varias instalaciones.
- En el caso de localizar una instalación, los costos de transporte son la consideración primaria.

CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Por discretización de las alternativas

- Los **métodos discretos** analizan una lista de localizaciones preseleccionadas. Especialmente útiles para ubicación de múltiples instalaciones.
- Los **métodos continuos** de localización analizan todas las posibles localizaciones en una región geográfica antes de seleccionar la mejor.

CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Por grado de agregación de los datos

- Cuando se ocupan datos agregados se limita la exactitud de la localización a grandes áreas geográficas (plantas/almacenes).
- Cuando se ocupa poca agregación de datos la localización puede ser exacta (Retail / Centros de servicios)

CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

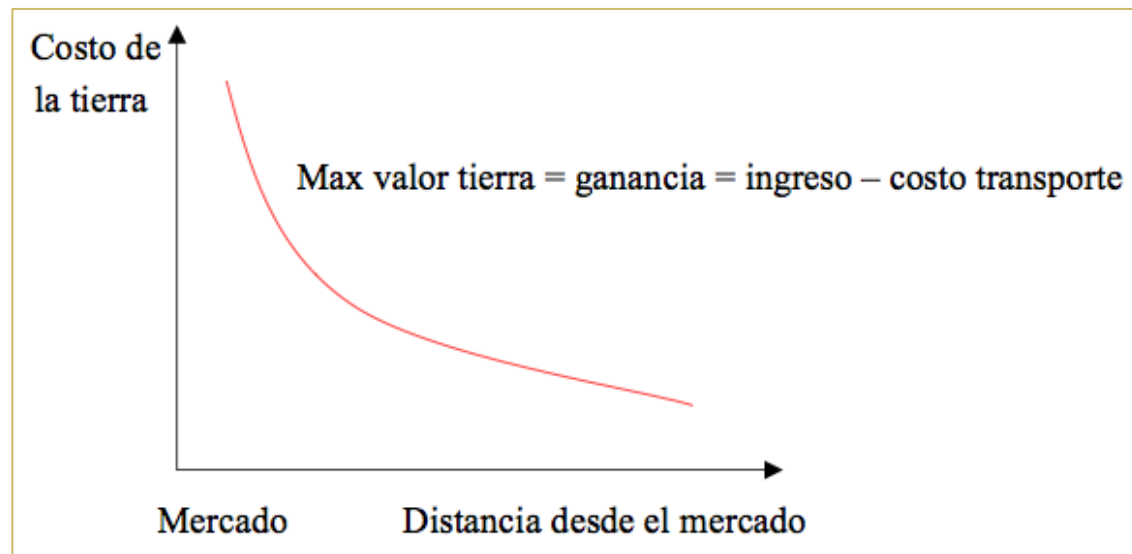
Por horizonte de tiempo

- Los **métodos estáticos** analizan la localización en base a un único periodo de tiempo. (No es realista!)
- Los **métodos dinámicos** manejan varios periodos de tiempo de planeación. (Alta dificultad!)

TEORÍAS DE LOCALIZACIÓN

Curva de renta de espacio de Thunen (1875)

Reconoce el rol del costo de transporte en el proceso de localización.

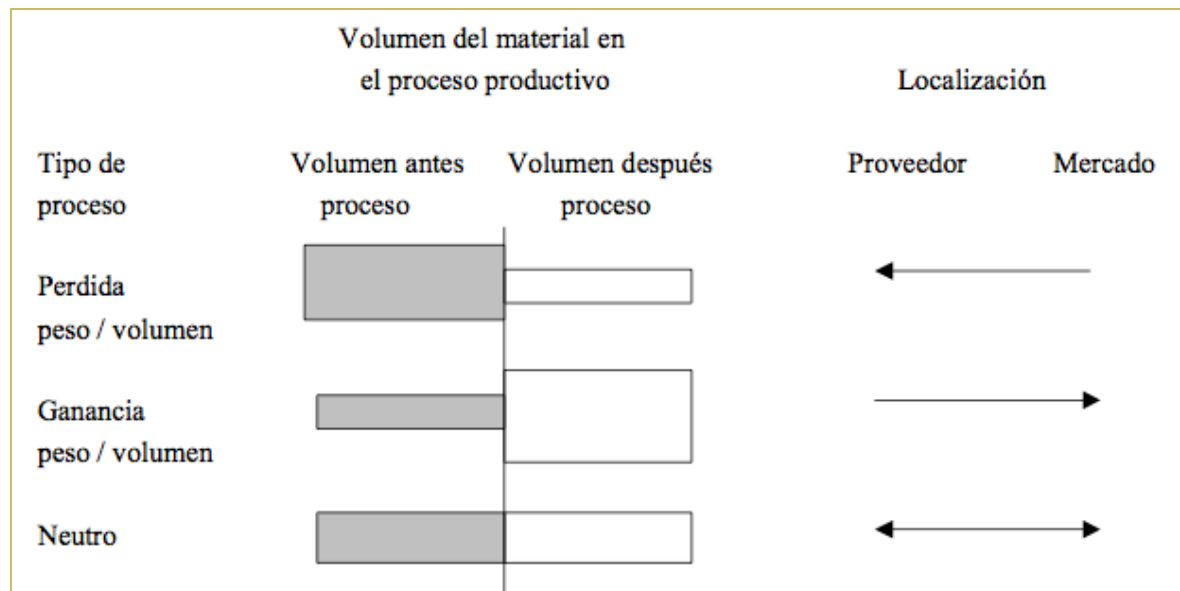


TEORÍAS DE LOCALIZACIÓN

Clasificación de Weber (1909)

Reconoce el rol de las materias primas en el proceso de localización (costo de abastecimiento vs costo de distribución).

Ya desde comienzos del siglo XIX se intenta buscar un modelo teórico que explique la localización industrial. Será el alemán Alfred Weber quien en 1909 desarrolle una teoría pura sobre la localización industrial en el espacio.



PROBLEMÁTICA DE LA LOCALIZACIÓN

¿Cuántas instalaciones debería tener la red logística?

¿De qué tamaño deberían ser las instalaciones?

¿Dónde localizarlas?

¿Cuáles clientes deberían ser asignados a cada instalación?

¿Cuáles proveedores deberían ser asignados a cada instalación?

¿Qué productos deberían venderse/producirse/almacenarse en cada instalación?

MODELO DE LOCALIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad

La visión moderna es más matemática que conceptual

Modelo para localizar una sola planta, almacén o punto de venta / servicio

Modelo continuo estático conocido como centro de gravedad, método de malla o centroide

La razón de transporte y el volumen son los factores a utilizar

Dado un conjunto de puntos que representan orígenes y puntos de demanda, junto con sus volúmenes a mover de o hacia una instalación desconocida, y sus costos de transporte, ¿dónde se debe localizar esta instalación?

El objetivo es minimizar la suma del costo total de transporte, dado por los productos del volumen, costo de transporte y distancia.

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad

$$\text{Min } CT = \sum_{i \in I} d_i R_i V_i$$

CT: costo total de transporte

V_i : volumen en el punto i (demanda del cliente)

R_i : costo de transporte en el punto i

d_i : distancia del punto i a la instalación a localizar

I : conjunto de clientes

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad

La localización de la instalación es encontrada minimizando el costo total CT, sujeto a la restricción

$$d_i = k \sum_{i \in I} \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2}$$

(X_i, Y_i) : localización del cliente

(\bar{X}, \bar{Y}) : localización de la instalación

Donde “k” es un factor de escala para convertir una unidad de un índice de coordenadas en una unidad de distancia (kilómetros)

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Proceso de solución

Algoritmo de Weiszfeld

Paso 1. Determinar las coordenadas (X,Y) para cada punto de la red, junto con sus volúmenes y costos de transporte

Paso 2. Aproxime las coordenadas omitiendo la distancia di de las fórmulas para el centro de gravedad:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i}$$

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Proceso de solución

Paso 3. Utilizando las coordenadas obtenidas en el paso 2, calcular la distancia d_i (el factor de escala no requiere utilizarse en este punto)

$$d_i = k \sqrt{\left(X_i - \bar{X}\right)^2 + \left(Y_i - \bar{Y}\right)^2} \quad CT = \sum_{i \in I} d_i V_i R_i$$

Paso 4. Sustituya d_i en las ecuaciones del centro de gravedad y resuelva para otra aproximación de (\bar{X}, \bar{Y})

Paso 5. Recalcule d_i basado en las coordenadas revisadas de (\bar{X}, \bar{Y})

Paso 6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta que en las coordenadas (\bar{X}, \bar{Y}) no exista un cambio significativo.

Paso 7. Finalmente, calcular el costo total para la mejor localización obtenida.

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

ALGORITMO DE WEISZFELD

1) Comience con un punto cualquiera $(\bar{x}^{(0)}, \bar{y}^{(0)})$

Se recomienda como solución inicial:

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{\sum_i V_i R_i x_i}{\sum_i V_i R_i} \quad \bar{y}^{(0)} = \frac{\sum_i V_i R_i y_i}{\sum_i V_i R_i}$$

2) Ahora es posible calcular una distancia y costo total iniciales

$$d_i^{(0)} = \sqrt{(x_i - \bar{x}^{(0)})^2 + (y_i - \bar{y}^{(0)})^2} \quad \forall i \in I$$

$$CT^{(0)} = \sum_i V_i R_i d_i^{(0)}$$

3) Ahora es posible usar la formulación exacta:

$$\bar{x}^{(k)} = \frac{\sum_i V_i R_i x_i}{\frac{\sum_i V_i R_i}{d_i^{(k-1)}}} \quad \bar{y}^{(k)} = \frac{\sum_i V_i R_i y_i}{\frac{\sum_i V_i R_i}{d_i^{(k-1)}}}$$

4) Calculando nuevas distancia y costo:

$$d_i^{(k)} = \sqrt{(x_i - \bar{x}^{(k)})^2 + (y_i - \bar{y}^{(k)})^2} \quad \forall i \in I$$

$$CT^{(k)} = \sum_i V_i R_i d_i^{(k)}$$

5) Con criterio de parada; se para:

$$\bullet \text{ Si } |\bar{x}^{(k+1)} - \bar{x}^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \text{y} \quad |\bar{y}^{(k+1)} - \bar{y}^{(k)}| \leq \varepsilon$$

$$\bullet \text{ Si } |d_i^{(k+1)} - d_i^{(k)}| \leq \varepsilon$$

$$\bullet \text{ Si } |CT^{(k+1)} - CT^{(k)}| \leq \varepsilon \quad \forall i \in I$$

ε = número muy pequeño

Cuando las coordenadas, distancia o costo de la siguiente iteración no reportan cambio con respecto a la anterior.

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Ejemplo

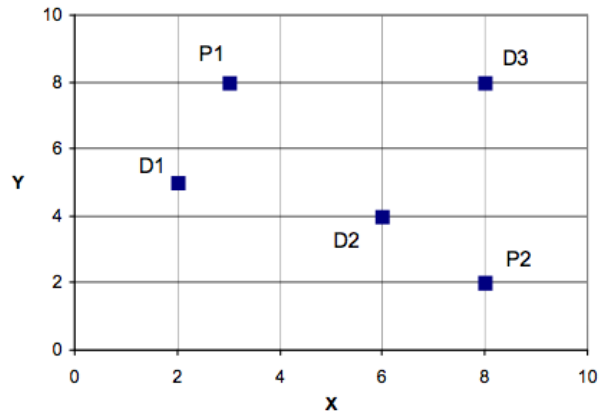
La Renga S.A. Tiene dos plantas que proveen a un almacén, el cual a su vez, proporciona suministro a tres centros de distribución.

Punto i	Producto	Volumen V_i (m^3)	Costo de transporte (\$/ m^3 /km)	X_i	Y_i
P_1	A	2000	0,05	3	8
P_2	B	3000	0,05	8	2
D_1	A,B	2500	0,075	2	5
D_2	A,B	1000	0,075	6	4
D	A,B	1500	0,075	8	8

Se desea localizar un almacén que minimice los costos de transporte.

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Ejemplo



Escala 1: 10 Km

i	V _i R _i	V _i R _i X _i	V _i R _i Y _i
P1	100	300	800
P2	150	1.200	300
D1	188	375	938
D2	75	450	300
D3	113	900	900
	625	3.225	3.238

Con esto se obtienen las coordenadas del centro de gravedad en esta primera aproximación.

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i}{\sum V_i R_i} = \frac{3.225}{625} = 5,16$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i}{\sum V_i R_i} = \frac{3.238}{625} = 5,18$$

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Ejemplo

Usando $K=10$ y la fórmula para la distancia d_i se calcula el costo total de transporte.

i	X_i	Y_i	V_i	R_i	d_i	$V_i R_i d_i$
P1	3	8	2000	0,05	36	\$ 3.552
P2	8	2	3000	0,05	43	\$ 6.395
D1	2	5	2500	0,075	32	\$ 5.935
D2	6	4	1000	0,075	14	\$ 1.086
D3	8	8	1500	0,075	40	\$ 4.503
						\$ 21.471

El ejemplo puede terminar en el paso 2 del proceso de solución, obteniendo así solamente valores aproximados. En muchas situaciones esta será una solución aceptable, muy cercana al óptimo.

El error es pequeño si los costos son lineales, son pocos puntos en la malla y los volúmenes y costos son semejantes.

Encontrar mejor solución requiere completar los pasos subsecuentes del proceso, lo que genera una lógica iterativa.

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Ejemplo

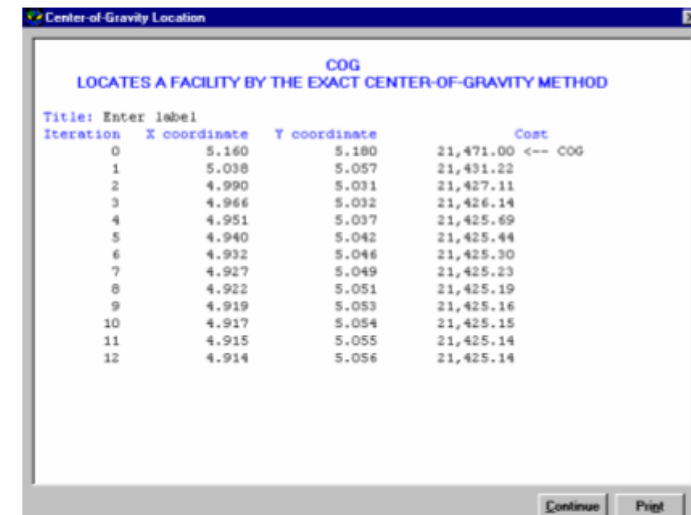
i	V _i R _i	V _i R _i X _i	V _i R _i Y _i	d _i	V _i R _i /d _i	V _i R _i X _i /d _i	V _i R _i Y _i /d _i
P1	100	300	800	36	2,8	8,4	22,5
P2	150	1.200	300	43	3,5	28,1	7,0
D1	188	375	938	32	5,9	11,8	29,6
D2	75	450	300	14	5,2	31,1	20,7
D3	113	900	900	40	2,8	22,5	22,5
					20,2	102,0	102,4

La posición revisada de las coordenadas es calculada como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = \frac{102}{20,2} = 5,038$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = \frac{102,4}{20,2} = 5,057$$

Con un costo de \$21.431



Center-of-Gravity Location

COG
LOCATES A FACILITY BY THE EXACT CENTER-OF-GRAVITY METHOD

Title: Enter label

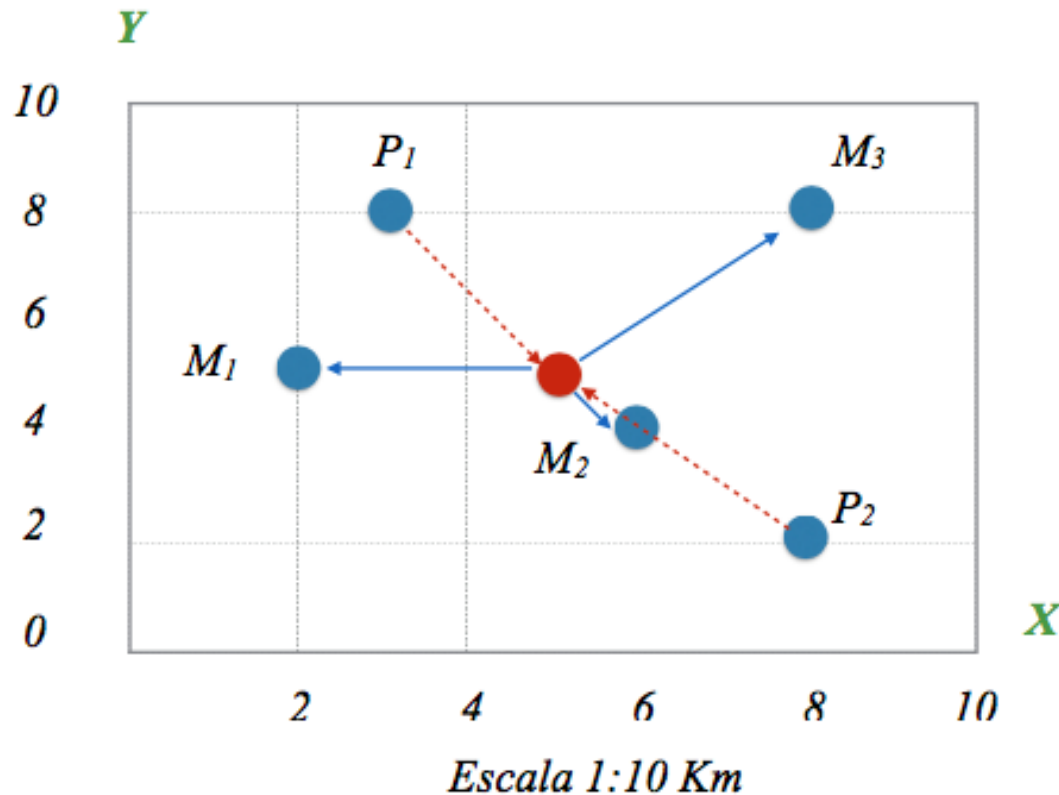
Iteration	X coordinate	Y coordinate	Cost
0	5.160	5.180	21,471.00 <-- COG
1	5.038	5.057	21,431.22
2	4.990	5.031	21,427.11
3	4.966	5.032	21,426.14
4	4.951	5.037	21,425.69
5	4.940	5.042	21,425.44
6	4.932	5.046	21,425.30
7	4.927	5.049	21,425.23
8	4.922	5.051	21,425.19
9	4.919	5.053	21,425.16
10	4.917	5.054	21,425.15
11	4.915	5.055	21,425.14
12	4.914	5.056	21,425.14

Continue Print

LOCALIZACIÓN DE 1 INSTALACIÓN

Método Centro de Gravedad– Ejemplo

Mapa de ubicación del **Almacenen**, de plantas P_1 y P_2 y Mercado M_1 , M_2 y M_3



SIMPLIFICACIONES UTILIZADAS

- Se concentran los volúmenes de demanda en un solo punto.
- La localización se basa en los costos variables, sin considerar costos de capital, mano de obra y servicios.
- Los costos de transporte se suponen lineales, cuando en realidad están formados de una parte fija y una componente que varía con la distancia.
- Las soluciones son estáticas (no dinámicos), no reflejan los cambios futuros en demanda, ganancias y costos.
- Se suponen rutas directas (línea recta) entre puntos de la red, siendo que esto rara vez ocurre.
- Se debe incluir un factor de proporcionalidad en el modelo para convertir las distancias rectas en distancias de carreteras, ferrocarril o dentro de una red de calles en una ciudad.

Factor de proporcionalidad: Incrementar la distancia recta en:

- Carreteras en 21%
- Líneas de ferrocarril en 24%
- Calles de la ciudad en 41%

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

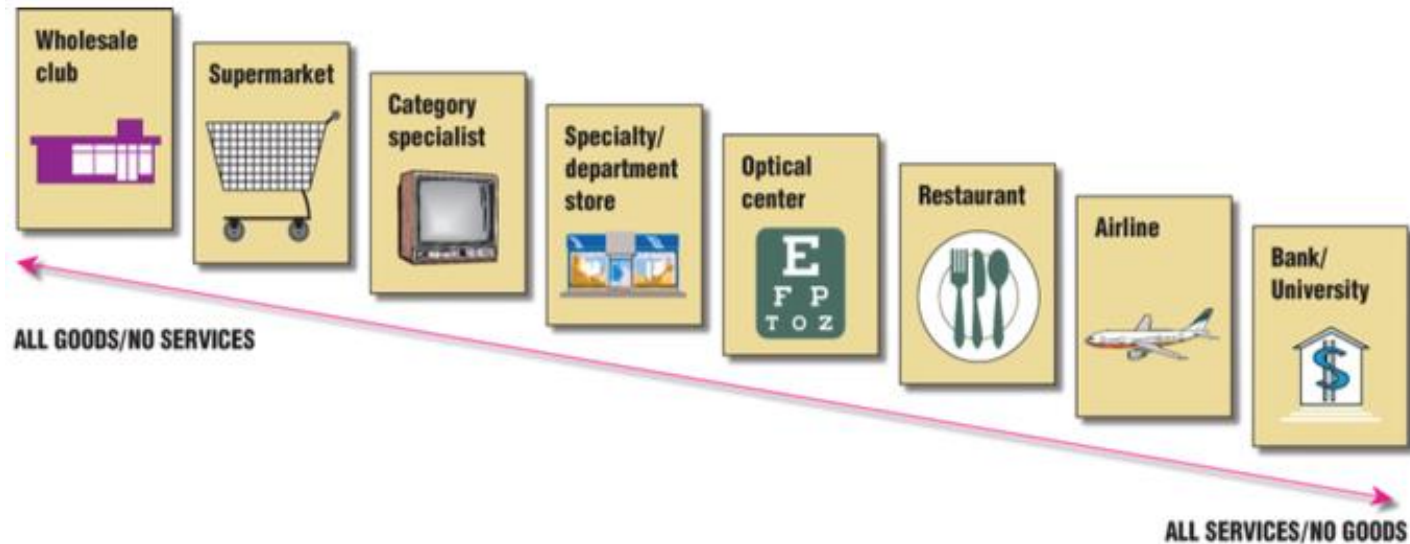
¿Qué es Retailing?

- Conjunto de actividades de negocios destinadas a agregar valor a los productos y servicios vendidos al consumidor final para su uso personal.
- Ejemplos:
 - Supermercados
 - Tiendas por departamentos
 - Bancos comerciales
 - Cines
 - Farmacias
 - Etc...



LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Tipos de Retailers



Continuo Productos/Servicios

LAS TRES COSAS MÁS IMPORTANTES EN RETAIL



¿POR QUÉ LA UBICACIÓN ES TAN IMPORTANTE?

- Ubicación es típicamente la primera consideración para seleccionar una tienda.
- La selección de la ubicación es una decisión estratégica que permite desarrollar ventajas competitivas sustentables.
- Decisiones de ubicación son riesgosas: invertir o arrendar?



LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

- Las tiendas minoristas y centros de servicios son, con frecuencia, el punto final de la red de distribución.
- Incluye, tiendas de departamento, supermercados, bancos, hospitales o consultorios, iglesias, centros de reciclaje, y estaciones de bomberos y policía.
- El análisis de localización en retail y centros de servicios, es más sensible a factores de rentabilidad y accesibilidad, que a los factores de costo que afectan a la localización de plantas y almacenes. Por lo tanto, las metodologías analizadas anteriormente no se aplican directamente a este tipo de problemas.

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Factores de localización en servicios

Características demográficas

- Población base del área local
- Ingresos potenciales del área local

Flujo vehicular y accesibilidad

- Número de vehículos
- Tipo de vehículos
- Número de peatones
- Tipo de peatones
- Accesibilidad a transporte público
- Accesibilidad a autopistas
- Nivel de congestión
- Calidad de las calles de acceso

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Factores de localización en servicios

Estructura del retail

- Número de competidores en el área
- Número y tipo de tiendas en el área
- Tiendas complementarias en el área
- Proximidad a áreas comerciales

Características físicas

- Número de estacionamientos disponibles
- Distancia a áreas de estacionamientos
- Visibilidad desde la calle
- Tamaño y configuración del local
- Condiciones de la edificación
- Calidad de las entradas y salidas

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Factores de localización en servicios

Factores legales y de costos

- Restricciones de edificación
- Condiciones de arrendamiento
- Impuestos locales
- Operación y mantención

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Método factor de localización

Frecuentemente muchos de los factores que son importantes en la localización de retail y centros de servicios no son fáciles de cuantificar.

Una posibilidad para cuantificar estos factores es formar una matriz donde se le da peso a los factores (puntaje) y del cual se puede obtener un indicador de desempeño del sitio evaluado. Se selecciona la localización con mayor índice.

LOCALIZACIÓN EN RETAIL Y SERVICIOS

Método factor de localización

Ejemplo:

Suponga que una tienda de pintura debe ser localizada.

Un grupo de consultores externos generaron una lista de factores relevantes para la localización de la tienda.

(1) Peso del factor (1 a 10)	Factor de localización	(2) Puntaje asignado (1 a 10)	(3)=(1)x(2) Puntaje ponderado
8	Proximidad a la competencia	5	40
5	Espacio de arrendamiento	3	15
8	Espacio de estacionamientos	10	80
7	Proximidad a tiendas complementarias	8	56
6	Atractivo de la infraestructura	9	54
9	Accesibilidad para los clientes	8	72
3	Impuestos locales	2	6
3	Servicios comunitarios	4	12
8	Proximidad a medios de transporte	7	56
	Índice de desempeño		391

ÍNDICE DE BRIDGMAN

- Compara variables de distinta dimensión en un solo índice, para dos localizaciones.
- Es flexible en cuanto a la elección de los factores de juicio y ponderación.
- Ejemplo: 2 posibles localizaciones

Factor	Dimensión	Lugar 1	Lugar 2
Terreno	Costo	10.000	15.000
Construcciones	Costo	25.000	18.000
Mano de Obra	Costo	15.000	12.000
Comunidad	Puntaje	60	70
Imagen	Puntaje	80	90

ÍNDICE DE BRIDGMAN

Factor	Lugar 1	Lugar 2	Peso
Terreno	10.000	15.000	1
Construcciones	25.000	18.000	4
Mano de Obra	15.000	12.000	3
Comunidad	60	70	3
Imagen	80	90	2

El peso es una escala relativa del 1 al 10, esta escala representa la importancia del factor, y puede ser ajustada para mayor o menor precisión.

ÍNDICE DE BRIDGMAN

$$IB = \frac{Loc1}{Loc2} = \left(\frac{1}{1,5}\right)^1 \cdot \left(\frac{2,5}{1,8}\right)^4 \cdot \left(\frac{1,5}{1,2}\right)^3 \cdot \left(\frac{60}{70}\right)^3 \cdot \left(\frac{80}{90}\right)^2$$

$$IB = \frac{Loc1}{Loc2} = 2,41$$

Se elige Localización 2

Si $IB > 1 \Rightarrow$ se escoge la Localización 2.

Si $IB < 1 \Rightarrow$ se escoge la Localización 1.

Si $IB = 1 \Rightarrow$ se deben examinar otros factores.

OTRAS FORMULACIONES

Basados en programación dinámica

- Bellman
- Cooper

Basados en Branch & Bound

- Efraymson & Ray
- Khumawala – Apielberg – Manne

Basados en procedimientos heurísticos

- Lawrence & Perguilly
- Sussams
- Ignizio