

Eduardo Benavides B.

*Departamento de Industria,
Facultad de Ingeniería*
Universidad Tecnológica Metropolitana

Rodrigo Geldes R.

*Departamento de Industria,
Facultad de Ingeniería*
Universidad Tecnológica Metropolitana

Rafael Loyola B.

*Departamento de Industria,
Facultad de Ingeniería*
Universidad Tecnológica Metropolitana

Pedro Vergara V.

*Departamento de Industria,
Facultad de Ingeniería*
Universidad Tecnológica Metropolitana

DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL MERCADO PARA EL MODELO DE VALORACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS, CAPM

INTRODUCCIÓN

Para los financieros es de suma importancia tomar buenas decisiones de inversión al momento de determinar la rentabilidad de sus proyectos y planes de negocios, por lo que, al momento de estimar la tasa de descuento, evaluación de sus ideas de negocios y proyectos, requieren de una adecuada aplicación de modelos que permitan estimar el costo de oportunidad de su capital. Esta es una de las tareas más importantes de la evaluación y gestión para las inversiones empresariales.

Uno de los modelos más utilizados para determinar la tasa de descuento de un proyecto que incorpora el riesgo de estima de la tasa, es la valoración de activos de capital, más conocido como CAPM (Capital Asset Pricing Model). El modelo de Markowitz, del cual deriva el CAPM, plantea la minimización del riesgo del portafolio (medido a través de la varianza), sujeto a un nivel mínimo de rentabilidad esperada. Si se agrega la posibilidad de invertir en un activo de cero riesgo, tendremos que el inversionista podrá

combinar la inversión en activos riesgosos con el de cero riesgo. Imponiendo condiciones de optimización en estas combinaciones de activos, con y sin riesgo, se obtiene el conocido modelo de valoración de activos de capital.

Markowitz (1952, 1959) fue el creador de la Teoría de Portafolios. En esencia, ésta supone que los inversionistas se preocupan básicamente de dos parámetros: la rentabilidad esperada y el riesgo. Este último puede ser medido adecuadamente por la desviación estándar de los retornos. Los inversionistas escogerían portafolios en la Frontera Eficiente tales que, para un nivel determinado de riesgo, no haya otro con una mayor rentabilidad esperada.

Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) se basan en los resultados de Markowitz para desarrollar el CAPM o modelo de valoración de activos de capital.

Para llegar a éste, los siguientes supuestos son suficientes:

- Hay un único horizonte de inversión
- Todos los activos son divisibles y transables
- No hay imperfecciones ni impuestos en los mercados de capitales
- Existen expectativas homogéneas
- Puede prestarse y pedirse prestado a la tasa libre de riesgo

Bajo los supuestos anteriores, todos los inversionistas visualizan de la misma forma la frontera eficiente y existirá un único portafolio riesgoso óptimo, que los inversionistas desearán combinar con el activo libre de riesgo.

El CAPM tradicional surge cuando se identifica el portafolio riesgoso óptimo con el Portafolio de Mercado, que resulta ser el único portafolio comprometido idéntico y que puede ser mantenido simultáneamente por los inversionistas. Entonces, la única fuente de riesgo en la riqueza es la variabilidad del portafolio de mercado y, por lo mismo, al considerar los activos individuales, preocupa la contribución de cada uno a dicha variabilidad.

La contribución marginal al riesgo de un portafolio la mide su beta con respecto al portafolio y, como los inversionistas mantienen el portafolio de mercado, la única medida de riesgo pertinente es el beta con respecto al portafolio de mercado. De este modo, surge el modelo CAPM que se muestra en la Fig 1.

En la Fig 1 se describe el esquema de la teoría del portafolio de Markowitz, en el que estableció los beneficios de la diversificación y formuló la línea del mercado de capitales. Esta línea tiene pendiente positiva por la relación directa entre el riesgo y el rendimiento. El punto donde se ubican el riesgo y el rendimiento de un activo individual está siempre por debajo de la línea del mercado de capitales (área sombreada de la gráfica). Invertir en un sólo activo es ineficiente y la diversificación de cartera minimiza esta

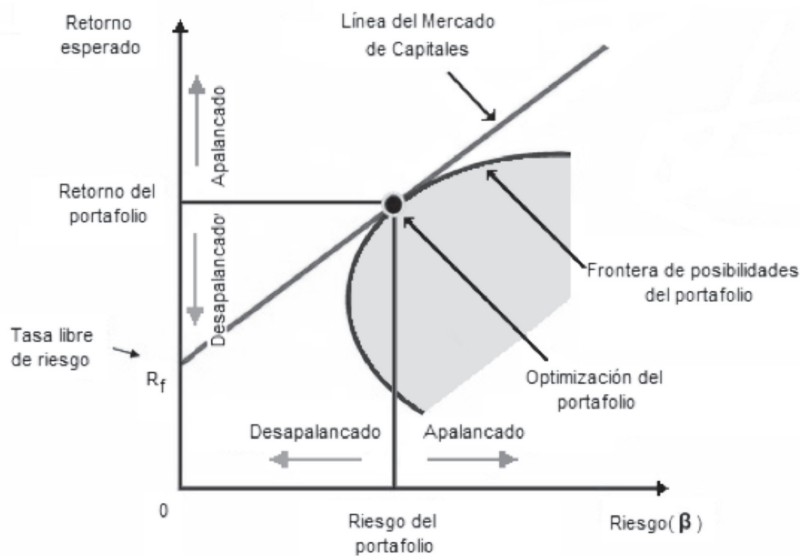


FIGURA 1 EL CAPM: CAPITAL ASSET PRICING MODEL.

falencia, aunque el retorno de portafolio, en conjunto, no alcanza el nivel óptimo.

La propuesta de Sharpe es maximizar cada uno de los activos en forma separada para obtener de este modo el portafolio más rentable. El CAPM se ubica en la frontera del área de Markowitz (línea curva) y maximiza en la tangente a la línea del mercado de capitales en la que el apalancamiento es igual a cero. Esto permite al CAPM construir el portafolio más óptimo al determinar con la mayor precisión los porcentajes de inversión en cada uno de los activos. Para determinar esta fórmula se debe encontrar la relación lineal entre los retornos de una acción determinada y el retorno que se habría obtenido si se hubiese invertido en el portafolio óptimo de mercado. Para ello se introduce el parámetro Beta (β), un índice de componente de riesgo de mercado que es el protagonista central de este modelo.

EL MODELO CAPM

El modelo para estimar la tasa de rendimiento esperada para el CAPM está dada por:

$$E(r_i) = r_f + (E(r_m) - r_f) \cdot \beta_i$$

donde:

$E(r_i)$ = Tasa de rendimiento relevante del proyecto i

r_f = Tasa libre de riesgo

$E(r_m)$ = Retorno esperado del mercado

$(E(r_m) - r_f)$ = Premio por riesgo

β_i = Beta, riesgo sistemático, relaciona el activo con el mercado

con:

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(r_i, r_m)}{\text{var}(r_i)}$$

siendo:

$\text{Cov}(r_i, r_m)$ = Covarianza entre el activo riesgoso i y el portafolio de mercado m

$\text{Var}(r_m)$ = Varianza del portafolio de mercado m

El retorno esperado de un activo riesgoso puede expresarse entonces como la suma del retorno de un activo libre de riesgo y el premio por asumir ese riesgo. El precio, entonces, es el producto del factor beta por el precio del riesgo descrito. El beta asociado al portafolio de mercado es igual a uno y si el beta del activo i es mayor que uno, entonces se dice que el activo es más volátil que el mercado.

El coeficiente de riesgo sistemático representa el riesgo no diversificable. El riesgo total se puede definir como:

Riesgo Total = Riesgo sistemático + Riesgo no sistemático

De esta manera, la tasa de descuento relevante para descontar los flujos de caja del inversionista es la que se obtiene directamente del modelo CAPM.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para calcular la tasa de rendimiento de mercado $E(r_m)$, en el modelo CAPM, se utilizan tradicionalmente los indicadores IGPA e IPSA. Sin embargo, en este trabajo se recomienda utilizar el IPSA, dado que contiene las 40 acciones más transadas en la Bolsa de Comercio de Santiago, lo cual permite incorporar en su cálculo la volatilidad que se genera en el mercado de las acciones más transadas en la Bolsa.

Para determinar el promedio anual de variación del IPSA, se utiliza el precio diario de cierre del indicador para posteriormente obtener el promedio anual de variación del indicador (rentabilidad).

Períodos	Promedio de Variación	Días bolsa
2009	0,16%	250
Enero	0,23%	21
Febrero	-0,15%	20
Marzo	0,03%	22
Abril	0,36%	21
Mayo	0,80%	19
Junio	-0,01%	21
Julio	0,20%	22
Agosto	-0,07%	21
Septiembre	0,29%	21
Octubre	-0,08%	21
Noviembre	-0,08%	21
Diciembre	0,48%	20

Períodos	Promedio de Variación	Días bolsa
2010	0,13%	250
Enero	0,31%	20
Febrero	0,03%	20
Marzo	-0,07%	23
Abril	0,13%	21
Mayo	0,03%	20
Junio	0,22%	21
Julio	0,34%	21
Agosto	0,17%	22
Septiembre	0,29%	20
Octubre	0,12%	20
Noviembre	0,05%	21
Diciembre	-0,03%	21

Períodos	Promedio de Variación	Días bolsa
2012	0,01%	247
Enero	0,09%	22
Febrero	0,30%	21
Marzo	0,14%	22
Abril	-0,09%	20
Mayo	-0,28%	21
Junio	0,09%	21
Julio	-0,20%	20
Agosto	-0,08%	22
Septiembre	0,11%	17
Octubre	0,04%	22
Noviembre	-0,15%	20
Diciembre	0,20%	19

Períodos	Promedio de Variación	Días bolsa
2011	-0,06%	252
Enero	-0,25%	21
Febrero	-0,24%	20
Marzo	0,18%	23
Abril	0,21%	20
Mayo	0,03%	22
Junio	-0,05%	21
Julio	-0,38%	21
Agosto	-0,11%	22
Septiembre	-0,45%	21
Octubre	0,59%	19
Noviembre	-0,18%	21
Diciembre	0,02%	21

Períodos	Promedio de Variación	Días bolsa
2013	-0,06%	248
Enero	0,26%	22
Febrero	0,01%	20
Marzo	-0,14%	20
Abril	-0,14%	22
Mayo	-0,11%	21
Junio	-0,19%	20
Julio	-0,34%	22
Agosto	-0,13%	21
Septiembre	0,30%	18
Octubre	0,11%	22
Noviembre	-0,16%	20
Diciembre	-0,12%	20

TABLA 1 VARIACIÓN PROMEDIO IPSA Y DÍAS DE BOLSA.

Con la información obtenida de la Bolsa de Comercio de Santiago, en el menú de ítem de precios y estadísticas, se procedió a calcular la variación del IPSA en cada mes, para calcular el promedio de la variación de cada mes respecto del número de días de Bolsa, para cada uno de

los años en estudio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Con la información se obtiene que la variación promedio del IPSA en los últimos cinco años es de 0,04% para un total de 1.247 días de Bolsa.

El número promedio de días en Bolsa fue de 20,78, con una rentabilidad promedio día de 0,038% y una rentabilidad promedio mes de 0,795%, con lo que se obtiene una rentabilidad promedio año de 9,55%, que es la que se propone utilizar para éste período.

CONCLUSIONES

En este trabajo se recomienda una fuente de información para determinar la rentabilidad de mercado, en la medida que el inversionista al que se le está calculando el costo de oportunidad de su capital considere la opción de invertir en acciones que componen el IPSA como real alternativa de inversión. Si esto no ocurre, lo que corresponde es tomar la rentabilidad anual del instrumento que sí se ha considerado como alternativo por el inversionista.

En otras palabras, se puede indicar que si un inversionista comprara acciones que transan en el IPSA en enero de 2009 y las vendiera en diciembre de 2013, en términos porcentuales, la rentabilidad promedio anual sería de un 9.55%. Dicho porcentaje no considera el efecto de los dividendos cobrados, solamente considera el diferencial de precio compra y venta, otro punto que no está considerado es el efecto IPC.

BIBLIOGRAFÍA

- **Contreras, E.** 2011. “El CAPM y la estimación de tasas de descuento”. Revista Dinero – Tutorial.
- **Fernández, V.** 2005. “El Modelo CAPM para Distintos Horizontes de Tiempo”. Revista Ingeniería de Sistemas, Volumen XIX.
- **Lintner, John.** 1965. “The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets.” Review of Economics and Statistics. 47:1, pp. 13–37.
- **Markowitz, Harry.** 1952. “Portfolio Selection.” Journal of Finance. 7:1, pp. 77–99.
- **Markowitz, Harry.** 1959. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Cowles Foundation Monograph No. 16. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- **Mossin, J.** 1966. Equilibrium in a Capital Asset Market. Econometrica, Vol. 34, N°4
- **Sapag, P. Jose.** 2007. “Evaluación de Proyectos. Guía de Ejercicios Problemas y Soluciones”. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia.
- **Scaliti, M. A.** 2011. “El CAPM y su aplicación en Mercados Emergentes, sus Variantes y Modelos Alternativos. Trabajo de Investigación Final Maestría en Finanzas. Universidad del CEMA.
- **Sharpe, William F.** 1964. “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk.” Journal of Finance. 19:3, pp. 425–42.
- **Walker, E.** 2003. “Costo de Capital para empresas reguladas en Chile”. Pontificia Universidad Católica de Chile.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- **Bolsa Comercio Santiago**

www.bolsadecomercio.cl

- **El CAPM, un Modelo de Valorización de Activos Financieros**

www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/el-capm-un-modelo-de-valoracion-de-activos-financieros

Patricio Olavarrieta S.

UTEM, Ingeniero Civil Electricista U de Ch, Master
Dpl U. Jaime I Castellón España, Departamento Electricidad

polavarr@utem.cl

Manuel Calquín G.

Ingeniero Eléctrico, Universidad
Tecnológica Metropolitana

manuelcalquin@gmail.com

DISEÑO PRELIMINAR DE UNA SALA DE CARGA PARA BATERÍAS DE TRACCIÓN DE PLOMO – ACIDO.

RESUMEN

El presente escrito tiene por objetivo entregar una aproximación al diseño de una sala de carga de baterías traccionarias de plomo-ácido, entregando al proyectista además un acercamiento a las condiciones del emplazamiento, sistemas de ventilación y potencia instalada, a partir de lo que existe en una industria determinada como puede ser el número de maquinarias de propulsión eléctrica y la capacidad de sus baterías. Esta propuesta recoge conocimientos de estudios teóricos y empíricos, basados en proyectos realizados y en tecnologías existentes en el mercado en la última década.

Palabras clave: **Aprendizaje y Servicio, Vinculación con el medio, RSU.**

I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por bodegaje la gestión, el traslado y ubicación de mercadería tanto en la superficie base de ella como en altura, incluyendo la operación inversa para sacar de bodega. Los vehículos de tracción eléctrica son utilizados principalmente en la industria del bodegaje debido a que cuentan con versatilidad y bajas emisiones, lo que permite su uso en casi todos los ambientes de trabajo. Este número de bondades se ve opacado por el hecho que este juego de energías (energía cinética y potencial de altura) con que la máquina de tracción eléctrica realiza el bodegaje, tiene un valor finito y por tanto autonomía similar. El depósito de energía es la batería de tracción del móvil, de tiempo largo de recarga, diferente de un estanque de bencina o petróleo, (más de siete horas), por lo que usualmente se utiliza el método de recambio de batería. Subsiste el problema de la carga de

batería y la optimización del tiempo que una batería debe volver a entrar en un proceso de bodegaje. La solución deseada es tener la carga de baterías lo más cerca de la bodega. Esta sala de carga de baterías de tracción, se verá, tiene sus propios problemas que requieren atención. Se da además una proyección del mercado de estas maquinarias, las características de las baterías de tracción en cuanto presencia física e interacción con el medio, ambientes peligrosos y su ventilación adecuada, volúmenes físicos de las diferentes partes de la sala de carga, capacidad de sustentación del piso al trabajo y tránsito de la maquinaria y finalmente el dimensionado eléctrico del recinto.

II. PROYECCIONES

Según la ITA (*Industrial Truck Association*)¹, en 1981 la participación de maquinaria de propulsión eléctrica, en el mercado de Estados Unidos, era de un 50%, mientras que en el 2010, era de 66%. Se espera que para el año 2025 la participación de equipos de manipulación y transporte de carga eléctricos sea de 90%. Esta realidad, es similar en países industrializados y en Chile. La estadística tiene algunos años de retraso, sin embargo, se espera que la tendencia sea similar. Con dicha proyección, se hace necesario que todo proceso industrial que involucre la participación de maquinaria de propulsión eléctrica, deba considerar la carga de baterías de estas maquinarias como uno de los tantos procesos al interior de la industria, con igual relevancia desde el punto de vista de asignación de espacios y evaluación energética, dado que en algunos casos la carga de baterías para uso en maquinarias, puede ser el proceso de mayor demanda de energía eléctrica en la instalación.

III. CARACTERÍSTICAS Y AMBIENTES DE BATERÍAS.

Las baterías de tracción tienen un peso alrededor de 800 kg con un peso específico alrededor de 3 toneladas/m³. A diferencia de las salas de carga de baterías estacionarias, los recintos de carga para baterías de tracción son instalaciones en las que existen maniobras de extracción, cambio y carga de baterías, junto con el acercamiento al recinto de la maquinaria eléctrica que por regla general, pasando por la economía, deja una batería descargada y sale con una cargada. Esto redundará en una instalación con tránsito de personas y maquinarias, produciendo los riesgos asociados, lo cual agrega una dimensión más al diseño proyectado, debiendo esta ser considerada al momento de establecer criterios respecto de aspectos vinculados con obras civiles, eléctricas y de operación.

Otro aspecto relevante es que las baterías de tracción están constantemente inmersas en ciclos de carga y descarga, lo que se traduce en períodos de demanda cíclica sostenida de energía eléctrica por cada batería; comparados con las salas de baterías estacionarias ellas están la mayor parte del tiempo en etapa de carga de mantenimiento debido a su función de entregar energía de respaldo, luego su ciclo de carga va seguido de un largo periodo de baja demanda (carga de mantenimiento). Estas dinámicas mostradas nos permiten deducir que el recinto de carga de las baterías de tracción necesita una mayor demanda de energía eléctrica de la red para un mismo número de baterías atendidas.

Selección de cargadores

Para los efectos de este escrito, se considerarán dos tipos de tecnologías de cargadores: cargadores con transformador de núcleo de hierro con curva decreciente (tipo wa) y cargadores con regímenes de corriente constante (tipo lola),

1. <http://www.indtrk.org/>

ambos tienen tiempos de carga no superiores a 8 horas. Además para este análisis, se consideran baterías de plomo-ácido, abiertas, de placa tubular, en óptimo estado de funcionamiento.

Cualquiera que sea el cargador que se use, se debe tener en cuenta el hecho que la carga de la batería se produce entre un mínimo y un máximo de energía entre sus bornes, esto es que el correcto valor de las variables V e I de la rotulación del cargador permitirán que la batería no presente alguna de las fallas del siguiente listado:

- Sobrecarga.
- Mayor consumo de agua.
- Gasificación excesiva.
- Aumento en la temperatura del electrolito.
- Incremento en la corrosión.
- Desprendimiento de materia activa en la placa positiva.
- Carga no adecuada.

Una vez conocido el voltaje de las baterías, la corriente de los dos cargadores mencionados (transformador de núcleo de hierro o cargadores con regímenes de corriente constante, tipo lola, ambos con tiempos de carga máximo de 8 horas), se define como:

$$I_{cargador} = \frac{14 * C_n}{100} \quad \text{Ec. N}^\circ 1$$

donde C_n es la capacidad nominal de la batería en Ah.

Generación de gases

Las baterías de plomo-ácido emiten oxígeno e hidrógeno, este último es un gas altamente explosivo sobre cierto valor de concentración en la atmósfera. Cuando la batería alcanza el estado de carga completa se produce electrólisis y la consiguiente generación de gases. Este proceso puede darse por finalizado en el lapso

de una hora desde el término del proceso de carga. Según la Ley de Faraday, bajo condiciones normales de presión y temperatura, se requiere para el proceso de electrólisis el equivalente de 26,8 Ah para descomponer agua en 1 gr de H_2 + 8 gr de O_2 .

La norma UNE 50272, considera un ambiente con riesgo de explosión a la concentración de hidrógeno que supera el 4% del volumen del recinto.

IV. REQUISITOS DE VENTILACIÓN

Una habitación correctamente ventilada se considera libre de riesgo de explosión, por lo que se requiere ventilar adecuadamente todo el recinto de carga de forma tal de mantener la concentración de hidrógeno por debajo del 4%. La norma UNE 50272 recomienda como valor seguro el 2% de concentración máxima. Esta consideración se aplica para carga de baterías montadas en el vehículo y fuera de este.

Flujo de aire de ventilación

Por otro lado la norma UNE 50272 permite calcular el valor de la corriente de aire necesaria para ventilación a partir de la ecuación Ec. N° 2, incorporándole un coeficiente s de seguridad a fin de no dar lugar a riesgo:

$$Q = v * q * s * n * I_{gas} * C_n * 10^{-2} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \text{Ec. N}^\circ 2$$

donde:

Q = corriente de aire de ventilación [m^3/h].

v = disolución de hidrógeno necesaria, factor = 24;

s = factor de seguridad, normalmente s = 5.

q = $0,42 * 10^{-3}$ [m^3/Ah] hidrógeno generado por un elemento.

n = número de elementos. Para las baterías en estudio se tiene que:

$n = 24$ para baterías de 48V.

I_{gas} = corriente que durante la fase de carga produce gas.

C_n = capacidad nominal de la batería [Ah].

Para cargadores normalizados, sin información relativa a la carga, considerar:

$I_{gas} * C_n * 10^{-2}$ como el 25% mínimo de la corriente asignada a cada cargador.

Entonces, el flujo de aire necesario para ventilación, por cada batería conectada en función de la tensión nominal de cada batería y la corriente nominal del cargador, es:

$$Q = 6,3 * 10^{-3} * V_{batería} * I_{cargador} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Ec. N° 3

Además la norma UNE 50272 considera un recinto bien ventilado cuando el volumen libre [V_i] es mayor o igual a:

$$V_i = 2,5 * Q \text{ [m}^3] \quad \text{Ec. N°4}$$

Q es el total de flujo de aire necesario para ventilar el recinto, por cada batería conectada. Si esto se cumple, la ventilación forzada no es requerida. Sin embargo, las dimensiones del recinto pueden verse limitadas por el espacio disponible para el emplazamiento y en ese caso deberá considerarse algún método de ventilación adicional.

Ventilación natural

En caso de requerir ventilación, ésta debe ser, preferentemente, de forma natural, considerando una entrada y salida de aire, con un área mínima despejada cuya abertura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = 28 * Q \text{ [cm}^2] \quad \text{Ec. N°5}$$

Para este cálculo, se estima una velocidad de la masa del aire mayor o igual a 0,1 m/s en lugares abiertos, recintos bien ventilados o con entradas grandes.

Consideraciones para el diseño de la ventilación natural

La entrada y salida de aire debe estar situada en el lugar más apropiado para facilitar el intercambio de aire. Algunas recomendaciones:

- Crear aberturas en paredes opuestas.
- La separación mínima de las aberturas, en caso de estar en el mismo muro debe ser de a lo menos 2 metros.
- La masa de aire extraída de la sala, debe ser evacuada a la atmósfera lo más rápido posible.

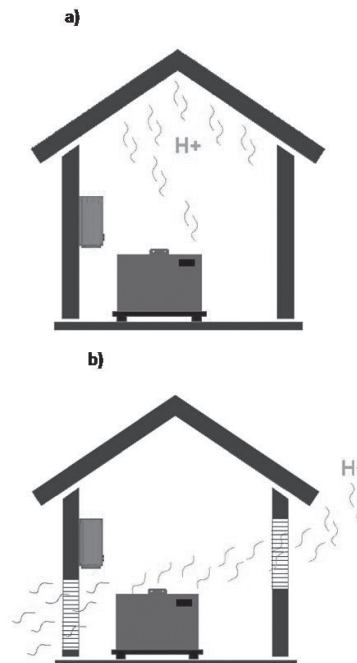


FIGURA N° 1. CONSIDERACIONES PARA FAVORECER LA EVACUACIÓN DE GASES: A) ACUMULACIÓN DE GASES EN LA PARTE SUPERIOR DEL RECINTO, B) EVACUACIÓN DE GASES POR VENTILACIÓN NATURAL.

Ventilación forzada

Cuando no se puede lograr el correcto intercambio de aire a través de ventilación natural, se debe considerar incorporación de mecanismos de ventilación forzada para asegurar la corriente de aire necesaria según el modo de ventilación seleccionado. Se debe considerar que la emisión de gas, continúa hasta una hora después de terminado el proceso de carga de la última batería.

baterías deberá quedar al interior del recinto cerrado, dejando las maniobras de intercambio de baterías y mantención afuera del cierre perimetral, tal como indica la figura nº 2. El cierre perimetral, tiene por objeto restringir el acceso al proceso de carga solo al personal con la adecuada capacitación en la manipulación de baterías de tracción, con ello se evitan accidentes y se mitigan riesgos de emisión de chispas por mala manipulación. Para tener una aproximación del espacio requerido, se debe tener en cuenta lo siguiente:

V. DIMENSIONAMIENTO DEL ESPACIO.

Se debe asegurar la correcta distribución de equipos, mobiliario y accesorios, de forma tal, que asegure el normal desplazamiento y maniobras al interior de la sala de carga. Cuando el espacio es limitado, la maniobra de carga de

- Factor de crecimiento en el mediano y largo plazo.
- Considerar el espacio ocupado por cada batería alrededor de 1 m³.
- Considerar espacio para elementos de seguridad tales como duchas, lava ojos, carros, etc.
- Considerar distancias de seguridad entre baterías y fuentes de chispa o fuentes de calor sobre 300°C, de al menos 0,5 m.

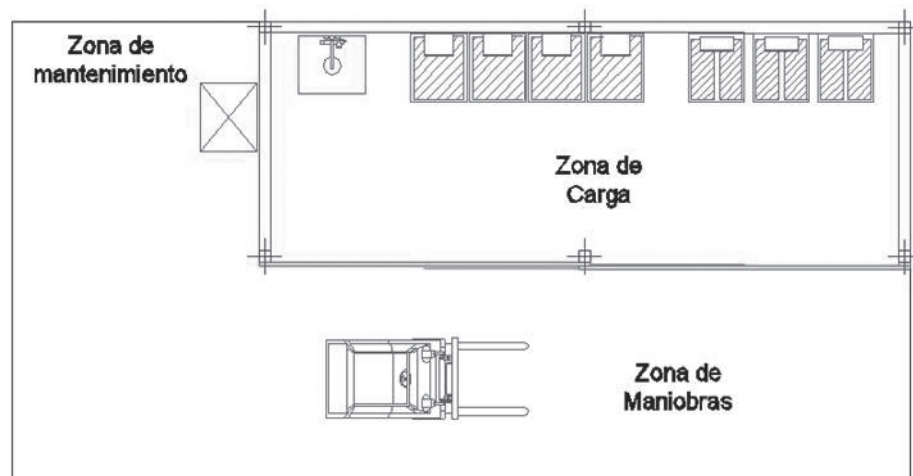


FIGURA Nº 2. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS Y CIERRE PERIMETRAL

Características del piso

El piso debe ser capaz de soportar la carga normal, provocada por el paso de los equipos, mobiliario y baterías en el interior de la sala de carga de baterías. Adicionalmente se debe considerar la resistencia necesaria para soportar las maniobras de operación de intercambio de baterías varias veces por día.

La maniobra de intercambio de baterías es equivalente a la manipulación de carga al interior del recinto con entrada y salida de equipos manipuladores de carga, portando baterías de peso aproximado a los 800 kg.

El piso debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar fabricado con hormigón hidrófugo.
- Estar diseñado para soportar el peso de los elementos más la maquinaria de manipulación de carga.
- Soportar abrasiones del rodado de la maquinaria.
- Debe incorporar una fosa o trinchera de contención de derrames.

VI. CARGA INSTALADA:

En general, la potencia de los cargadores representa casi la totalidad del consumo al interior de un recinto de carga de baterías. El resto de las cargas, corresponden a iluminación y sistemas de ventilación forzada, si lo hubiere. De esta forma, la potencia instalada corresponde, principalmente, a la suma de la potencia nominal de cada cargador de baterías al interior del recinto. La potencia nominal de cada cargador se puede obtener directamente de la placa de características del equipo.

Factor de carga:

Para facilitar las estimaciones de la instalación, se trabajará con valores medios, quedando a criterio del proyectista la última aproximación, de acuerdo a las necesidades de cada caso. Aclarado lo anterior, y para efectos de diseño de la instalación eléctrica del recinto y sus protecciones asociadas, es que se proponen los siguientes factores de carga, en función del número de cargadores conectados y de su potencia nominal.

Factor de carga (f_c)	Nº de equipos
1	$1 < n \leq 5$
0,8	$6 < n \leq 10$
0,65	más de 10

FIGURA Nº 3. FACTOR DE CARGA DE EQUIPOS SIMULTÁNEOS

Potencia Media:

El concepto de demanda media, surge basado en dos fundamentos empíricos: los cargadores no operan a potencia nominal durante todo el período de carga sino que la potencia de carga tiene directa relación con la curva de la corriente de carga, pues no todos los equipos (cargadores) son conectados simultáneamente lo que se traduce en que la potencia conectada es inferior a la potencia total instalada. De esta forma, se puede calcular la potencia media P_m , como la potencia total, corregida por el factor de carga, entendiéndose por potencia total la suma de las potencias de cada cargador conectado al interior del recinto. Entonces:

$$P_m = f_c * \sum P_n \quad \text{Ec. N}^\circ 6$$

VII. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se desea construir una sala de carga de baterías apiladas en racks modulares, tal como indica la figura nº 4. Los datos que se tienen son los siguientes: tensión de las baterías 48 Vdc, capacidad de las baterías: 560 Ah, número de maquinaria: 18 equipos, todos iguales. Se pide determinar: número de cargadores, cálculo de ventilación (natural), potencia instalada y potencia media del recinto. No se considera, para este caso, dimensionar el espacio, dado que esta información varía de caso en caso y requiere de información particular

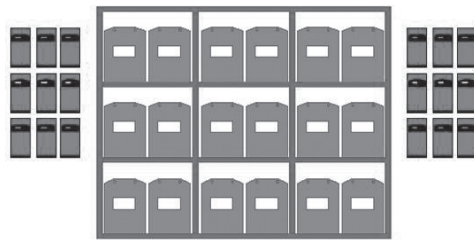


FIGURA Nº 4. EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA SALA DE CARGA CON 18 CARGADORES.

Alcances del cálculo

Para esta aplicación se utilizarán datos obtenidos de fabricantes de cargadores y baterías con presencia mundial, dado que se persigue demostrar el método y no imponer criterios en la selección de equipos. Se trabajará con un cargador de curva de carga de tipo Iola, por ser una tecnología más reciente, con mejor eficiencia energética.

Del cargador:

Al tratarse de un cálculo preliminar, se recomienda aplicar las ecuaciones planteadas y adaptar los resultados a la disponibilidad de equipos en el mercado local.

La corriente del cargador, de acuerdo con EC. Nº1, es:

$$I_{cargador} = \frac{14 \cdot 560}{100} = 78,4 \text{ Amperes (DC)}$$

Valor cercano más próximo que se comercializa: 80 Amperes.

Valores para conexión a la red:

Según placa de características del cargador:

Tensión de entrada $U = 400$ volt. 3 fases.

Corriente de entrada $I_n = 7,6$ amperes

Factor de potencia = 0,95

Potencia por cargador:

De acuerdo a los datos de placa:

$$P_c = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 7,6 \cdot 0,95 = 5 \text{ [kw]}.$$

Potencia conectada:

$$P_{total} = 18 \cdot 5 = 90 \text{ [kw]}$$

Potencia Media:

De acuerdo a la Ec, Nº6

$$P_{media} = 0,65 \cdot 90 = 58,5 \text{ [kw]}$$

Cálculo de ventilación

De acuerdo a Ec. N° 3 y para 18 baterías conectadas simultáneamente:

$$Q_{total} = 18 * 6,3 * 10^{-3} * 48 * 80 = 435,5 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Resumen de resultados	
Capacidad de baterías	560 A/h
Tensión DC	48 V _{DC}
Corriente de carga	80 A _{DC}
Tensión de entrada	400 V _{AC}
Corriente de entrada	7,6 A _{AC}
Potencia nominal unitaria	5 kW
Carga conectada	90 kW
Potencia media	58,5 kW
Flujo de ventilación necesaria	435,5 m ³ /h

FIGURA N° 5.
RESUMEN DE VARIABLES CALCULADAS

VIII. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos están basados en datos disponibles a nivel comercial global, corresponden a equipos en uso en la actualidad. El método es útil para la etapa de anteproyecto. Para diseños más exactos, se debe considerar las características específicas de los equipos utilizados en cada caso.

Totalizar las cargas correspondientes a la carga de baterías en un solo recinto permite determinar la energía necesaria para efectos de cálculos de instalación eléctrica, distribución de las cargas y eficiencia energética. No considerar esta carga puede generar inconvenientes pos-

teriores, tales como: Cambios de transformador y líneas antes de lo estimado, mal dimensionamiento del generador de respaldo, compra o arriendo de mayor número de montacargas, modificaciones en las condiciones originales de operación, imposibilidad de cargar baterías en horario de mayor producción.

El cálculo de ventilación ofrece dos mecanismos fundamentales: ventilación natural y ventilación forzada. Es recomendable favorecer siempre la ventilación natural por sobre la ventilación forzada, debido a que esta última depende del estado de los extractores de aire. Un fallo en éstos podría generar una emergencia innecesaria.

BIBLIOGRAFÍA

AENOR, marzo 2001. “Norma Europea UNE EN 50272-2 Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 2: Baterías estacionarias”.

AENOR, marzo 2003. “Norma Europea UNE EN 50272-3 Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción”.

German Electrical and Electronic Manufacturers, edition April 2004. “Charger assignments for traction batteries in vented (PzS) and in valve regulated (PzV) Desing”.

Manuel Calquín Gutiérrez, Memoria de Título: “Diseño e Implementación de una Sala de Carga para Baterías de Tracción”. Profesor guía, Juan Patricio Olavarrieta Suarez.

Micropower Inc. “MTM-HF MULTICARGADOR AVANZADO” Catálogo General.