Revista Ingeniería de Construcción, N°9, Julio-Diciembre 1990

Análisis de operaciones mediante cartas de balance

Alfredo Serpell B.
Profesor, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Santiago.

Rodrigo Verbal R.
Ingeniero Investigador, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Santiago.

RESUMEN: A continuación se muestra la técnica de Cartas de Balance, para el análisis de operaciones de construcción. Primero, se definen los objetivos que pretende abordar esta técnica de análisis, para luego describir el proceso de estudio de las cuadrillas junto a algunos ejemplos prácticos. Además, se discuten conclusiones prácticas obtenidas durante su aplicación en terreno.

I. INTRODUCCIÓN

La productividad de los recursos, en especial de la mano de obra, es un tema ampliamente conocido por sus efectos en el avance y costo de las faenas de construcción. Sin embargo, en nuestro país no se ha desarrollado un método de evaluación y control periódico que permita detectar las fluctuaciones de rendimiento del personal de terreno, y por ende de la mayoría de los demás recursos. Por esta razón, el Departamento de Ingeniería de Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha estado investigando y aplicando en terreno un conjunto de herramientas para el mejoramiento y control de la productividad de los obreros. Una de estas herramientas es la conocida con el nombre de Carta de Balance o Carta de Equilibrio de la Cuadrilla.

El análisis de operaciones por medio de una carta de balance ha sido empleado por muchos años en la Ingeniería Industrial, para estudiar la eficiencia de las combinaciones hombre-máquina. En esta oportunidad se aprovechará de mostrar su aplicabilidad en la industria de la Construcción, gracias a los análisis realizados como parte de un servicio contratado en dos proyectos de construcción de edificios y uno de construcción de un conjunto de viviendas.

En este contexto, las cartas de balance permiten resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada; además, permite comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. También, con la utilización de esta herramienta, se consigue importante información para un análisis de rendimientos.

Dado que la realidad nacional del trabajo de construcción en terreno, acusa muy poco tiempo para revisar los procedimientos y metodologías usadas, y para disponer óptimamente del personal, los administradores de obra prefieren enfrentar las faenas usando soluciones similares al de obras anteriores, muchas veces actuando principalmente por costumbre. Se justifica este método sobre la base de que normalmente se especifican técnicas de materialización usuales y conocidas, que se van ajustando a las condiciones particulares a medida que se ponen en práctica. Sin embargo, el hecho de que los profesionales de terreno enfrenten las obras de esta forma y que, muchas veces "descansen" en el conocimiento práctico del jefe de obra y capataces, fomenta la resistencia de este personal frente a los cambios e innovaciones para mejorar la eficiencia en terreno.

La actitud descrita no debería mantenerse, y menos en los casos de obras novedosas en sus procedimientos de materialización. La técnica de análisis aquí propuesta ofrece, como muy pocas, una respuesta inmediatamente posterior a la primera ejecución de una operación, entregando herramientas básicas para optimizar la ejecución de las operaciones más importantes de una faena.

Finalmente, cabe recoger los comentarios típicos de profesionales a cargo de faenas, referente al hecho que las cuadrillas comienzan a funcionar en estado de régimen cuando ya se ha avanzado demasiado en la obra, ya que, más que tardar en el aprendizaje, las condiciones administrativas que otorgan la ritmicidad no se producen con la velocidad necesaria. Aprovechando esta técnica de análisis en cada actividad, se podrá reducir el período de transición al estado de régimen, en tanto se preestablezca las condiciones que favorezcan la ritmicidad y funcionamiento óptimo de las cuadrillas.

II. LAS CARTA DE BALANCE DE LA CUADRILLA

La carta de balance o carta de equilibrio de una cuadrilla es un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (hombre, máquina, etc.) que participan en la

actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. Tal barra se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividades en que participa el respectivo recurso, incluyéndose los lapsos improductivos y de trabajo inefectivo. Dado que cada elemento de la cuadrilla es graneado en el mismo período de tiempo, la relación de éstos se puede observar mediante una comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones comunes que incidan en los ciclos de trabajo.

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino que en forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés (en tanto se haya escogido el método constructivo) son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla.

Una consideración que se debe tener presente, es la de enfocar preferentemente el estudio a una reducción de los tiempos improductivos y aumentar los niveles de actividad real y de rendimiento. Para ello se propone que en general se respete la siguiente secuencia:

(i) Revisar el proceso constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
(ii) Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra, maquinaria y equipos, materiales, energía, etc, para el proceso seleccionado.
(iii) Analizar con más detalle el diagrama de proceso de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
(iv) Muestrear la operación y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos. Conviene realizar no menos de tres muéstreos, y en días distintos.
(v) Procesar la información, concluir y discutir resultados. Determinar mejoras necesarias y describir en una carta de balance ideal el procedimiento mejorado propuesto.

La secuencia recién descrita merece algunos comentarios que pueden facilitar su cumplimiento. Primero, se debe tener presente que existen numerosas posibilidades y técnicas para cumplir las tareas que conforman una operación. En caso que se haya escogido y puesto en práctica alguna, se debe contar con la certeza que, una vez que se obtengan los primeros resultados del análisis con carta de balance, habrán sucesivas proposiciones de mejoras.

En el tercer punto de la secuencia presentada, se menciona el diagrama de proceso de la operación. El diagrama de proceso es otra herramienta de uso común en el área de la ingeniería industrial y que corresponde a la representación gráfica, en planta o elevación, de las actividades que realizan los recursos en su transformación u ocupación. La carta de proceso resume todas las tareas elementales a cumplir en terreno. Para ello se utiliza la siguiente nomenclatura:


Almacenamiento: ubicación de recursos en espera, en zonas planificadas para abastecimiento. Por ejemplo, bodegas, zona de acopios, etc.


Transporte: movimiento de recursos de una zona de trabajo a otra.


Espera: representa la espera de un recurso; es decir un recurso que está parado


Operación activa: tarea elemental de transformación o utilización de recursos


Inspección: control de lo realizado en alguna tarea o grupo de tareas. Por ejemplo, control de calidad, aprobación de inspectores o capataces, permisos, entrega o espera de instrucciones.

Una segunda recomendación general para la realización de los muéstreos, es desglosar la operación en tareas simples y representables por algunos símbolos que los muestreadores reconozcan en el momento de observar. De esta manera, se observa y registra cada tarea periódicamente casi en forma instantánea. La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 minutos) en total, o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos. Vale la pena recordar que una persona difícilmente puede muestrear el trabajo consecutivo de más de ocho personas o recursos.

En la Figura l se muestra una carta de balance. Este caso corresponde a una cuadrilla de tres maestros albañiles más tres ayudantes, que cumplen las tareas de: transporte, preparación y colocación de mezcla, colocación de ladrillos, cantería y limpieza de ladrillos, colocación de escalerillas y marcos de vanos, mediciones e instrucciones. En la Tabla 1 se tienen los resultados del muestreo correspondiente a la carta de balance de la

operación observada. Se incluyen en esta tabla, el nivel de actividad real de cada recurso, el coeficiente de participación y el niveles de actividad relativo. Estos parámetros se calculan como sigue:

- Coeficiente de Participación = $\frac{\text{Tiempo que el recurso está presente}}{\text{Tiempo total de la actividad}}$

- Nivel de Actividad real = $\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja}}{\text{Tiempo que el recurso está presente}} \times 100$

- Nivel de Actividad relativo = $\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo total de la actividad}}$

Tabla 1. Niveles de actividad y participación de los recursos observados en la cuadrilla de albañilería

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Maestro 1	71	1	71
Maestro 2	71	1	71
Maestro 3	90	1	90
Ayudante 1	52	1	52
Ayudante 2	41	0,55	23
Ayudante 3	45	1	45

Gracias a esta información es posible generar proposiciones de trabajo, que favorezcan un cumplimiento más eficiente de la colocación de albañilería. La Figura 2 muestra una proposición de interacción más adecuada que la observada en terreno (ver Figura 1) otorgándose cierta flexibilidad en el trabajo individual. Se puede observar que se agregó un maestro y se redujo un ayudante a la cuadrilla, estimándose un aumento del rendimiento global del 56%. En la obra en que se ofreció esta modificación, no se percibió ningún aumento de costos por concepto de personal, pues las cuadrillas se reorganizaron en forma uniforme con el personal disponible, y se crearon dos cuadrillas de ayudantes para el abastecimiento de materiales desde bodega y taller. Además, se puede verificar en la carta que con esta proposición, se impone un ciclo de trabajo a los maestros que incluye preferentemente la preparación y colocación de la mezcla, colocación de ladrillos, escalerillas y marcos. A los ayudantes de las cuadrillas de albañilería se les asigna el transporte local de materiales, limpieza de ladrillos y cantería, y eventualmente transporte desde bodega o taller.

2.1. Moldaje de losas

Mediante un ejemplo de colocación de moldajes de madera para losas del segundo piso de viviendas, se describe con más detalle el proceso de análisis de operaciones mediante Carta de Balance. Se aprovecha de comparar el funcionamiento de dos cuadrillas distintas, que realizan la misma labor de moldaje de losa en casas similares. Una de ellas refleja problemas de trabajo grupal y la otra acusa una alta incidencia de actividades de transporte. Ambas reciben los materiales necesarios en su lugar de trabajo, gracias a una cuadrilla de ocho jornaleros que transportan desde taller materiales tales como: cuartones, listones y tablones de distintas medidas, vigas "L" y T" de madera, "fósforos" o travesaños cortados a la medida y paneles de moldaje tipo Donut. Además, todas las cuadrillas de moldaje reciben el nivel de losa marcado previamente. La carta de proceso observada para esta actividad se describe en la Figura 3.

Las cuadrillas observadas eran muy variadas, pues no había preocupación por parte de la administración, por ordenar los grupos de trabajo. Existían diez cuadrillas que estaban conformadas, desde dos maestros y un ayudante, hasta cinco maestros, y sus rendimientos variaban desde seis días hasta tres días respectivamente, para cubrir con moldajes una losa de 145m^2 aproximadamente.

Las actividades en este caso, se han desglosado y representado de la siguiente manera:

- transporte interno de materiales (fondos de cadena, alzaprimas, moldajes de interior de cadena, listones, cintas, vigas "L" y "T", "fósforos, paneles y listones), medición y colocación de lienza, y cortes.
- colocación de fondo de cadena y de moldaje interior de la cadena.
- colocación de maderos clavados a albañilería y colocación de cintas.
- colocación de vigas "L" y "T", colocación de "fósforos".
- colocación de paneles de moldaje, colocación de listones para ajustar paneles de moldaje.
- alzaprimado y acuñadura, colocación de tableros para alzaprimado.
- colocación de moldaje de vanos.
- recibiendo instrucciones, dando instrucciones.
- sin actividad.

Analizando la carta de balance de la Figura 4, es posible observar cierta variabilidad en los niveles de actividad y, aunque existían maestros con una ocupación considerable, no se aprecia que los rendimientos sean los esperados. La Tabla 2 describe los niveles de actividad y participación correspondientes a los recursos de esta carta de balance.

Tabla 2. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en la Figura 4

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Maestro 1	73	0,71	52
Maestro 2	100	0,81	81
Maestro 3	93	0,97	90
Maestro 4	93	0,90	84

En la Figura 5 se presenta la carta de balance de una cuadrilla con cinco maestros con niveles de actividad similares y considerablemente altos. La Tabla 3 presenta los niveles de actividad y participación correspondiente a esta carta. Sin embargo, la incidencia del transporte no favorece en nada el rendimiento general de avance, con m^2 colocados/h-d menores que en el caso anterior. La solución que se propuso al ingeniero residente de la obra en donde se observó estas cuadrillas, consistió en asignar cuatro maestros y un ayudante o un maestro de segunda por cuadrilla, además de conservar la cuadrilla de jornales para transporte. De alguna manera, se pretendió aprovechar la tendencia a trabajar en pareja que acusa la Figura 4 y disminuir los transportes internos mediante un quinto obrero que apoya el trabajo del resto. Esta disposición ocasiona un aumento general del rendimiento del orden de 2.1 veces el rendimiento promedio, y 1.6 veces el rendimiento de la cuadrilla más productiva que se tenía hasta el momento. Esto es, se alcanza un rendimiento general de 19.2 m^2/h-d, versus los 9.1 m^2/h-d del promedio anterior y los 12 m^2/h-d de la mejor cuadrilla anterior.

Tabla 3. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en la Figura 5

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Maestro 1	86	1	86
Maestro 2	82	1	82
Maestro 3	79	1	79
Maestro 4	89	1	89
Maestro 5	89	0,96	86

Además, manteniendo un buen sistema de aprovisionamiento de materiales, se debería esperar que nuevamente se destaquen las mejores cuadrillas, pudiendo superar en un 20% el nuevo promedio. Es decir, se uniformiza el método de trabajo y se establecen nuevas metas, tomando como base, parámetros de comparación más exigentes para todas las cuadrillas.

2.2 Hormigonado de cimientos y sobrecimientos

La actividad consiste en el traslado y colocación de hormigones para cimientos y sobrecimientos de viviendas. El hormigón se produce en una betonera y se transporta a la zona en carretillas. La siguiente carta de proceso describe con mayor detalle el método observado:

- llenado de las carretillas con hormigón.
- transporte del hormigón en carretilla.
- vaciado de las carretillas.
- esparcimiento del hormigón con pala.
- apisonado del hormigón.
- colocación de la lienza.
- traslado y colocación de "bolones" en los cimientos.

La cuadrilla consiste en dos paleros y seis carretilleros. La Figura 6 presenta una carta de balance de la operación observada en terreno, donde se puede observar la alta incidencia de esperas previas a la carga y descarga de las carretillas. Al mismo tiempo, se observa que los paleros marcan el ritmo de avance en esta operación. La Tabla 4 presenta los parámetros correspondientes a esta carta de balance.

Tabla 4. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en la Figura 6

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Carretillero 1	100	l	100
Carretillero 2	94	1	94
Carretillero 3	94	1	94
Carretillero 4	97	1	97
Carretillero 5	100	1	100
Carretillero 6	100	0,61	84
Palero	89,6	l	89,6
Apisonador	54	1	54

La nomenclatura de representación de las actividades de la carta de balance de la Figura 6 es la siguiente:

- carguío y transporte de hormigón en carretillas; transporte de bolones para cimientos.
- espera para cargar o descargar carretillas
- descarga de carretillas
- paleo de hormigón en proceso de descarga y esparcido en terreno; colocación de bolones.
- apisonado de hormigón; colocación y ajuste de lienza para nivelación,
- recepción de instrucciones,
- sin actividad.
-

Se identificaron tres variables de producción en esta actividad, según se indica a continuación:

(i) la velocidad de carga-transporte-descarga del hormigón,
(ii) el ritmo de producción del hormigón en betonera, y
(iii) la velocidad de paleo y apisonado.

Las consultas en terreno permitieron identificar de inmediato una subutilización de la betonera. Cálculos posteriores establecieron que se podía aumentar el ritmo de fabricación en un 40%. De la carta de balance se aprecia que se generaba una cola de espera antes de cargar y descargar las carretillas, siendo mayores las esperas para descargar. También se estimó que el tiempo de transporte y carguío era levemente excesivo, pudiendo mejorarse las vías de acceso a la zona de descarga.

En definitiva, se mejoró el trazado de las vías de acceso, reduciéndose el tiempo de transporte en un minuto. Al no ser crítica la tarea de transporte, y junto a esta proposición de mejoramiento, se le sugirió a la administración la conveniencia de reducir dos carretillas en esta oportunidad e ir agregándolas de una en una, a

medida que la betonera quedara a mayor distancia de la zona de trabajo (la betonera no era móvil). Esto significó un cálculo que permitió determinar que ante un aumento de dos o más minutos en el tiempo de viaje entre la betonera y el frente de trabajo, era conveniente agregar una carretilla, satisfaciendo un ritmo de paleo y apisonado de un 30% mayor que el existente, con los mismos dos paleros. Esta tercera variable, el ritmo de paleo y apisonado, era la tarea crítica en la actividad, de modo que se dio nuevas instrucciones a los paleros para aumentar su rendimiento, alcanzándose aproximadamente 3,5 m^3/h-d en banco.

2.3 Hormigonado de losas de casas

En este ejemplo se pretende demostrar brevemente la aplicabilidad de las cartas de balance para acusar ineficiencias en los ciclos de trabajo, por problemas de distribución de recursos. La operación analizada consiste en el hormigonado de losas de segundo piso de viviendas, mediante buzones cargados con hormigón, trasladados por tractor desde las betoneras. Son dos buzones que descargan hormigón en cuatro carretillas, las que son transportadas sobre tablones hasta el segundo piso para la colocación del hormigón.

El problema que se quiere mostrar es de fallas en el aprovisionamiento de hormigón, debido a que se cuenta con sólo un tractor para el traslado de los buzones, dejando ociosa a la cuadrilla de hormigonado alrededor de 15 a 20 minutos, tal como se puede apreciar en la carta de balance de la Figura 7 y en los datos de la Tabla 5.

Tabla 5. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en la Figura 7.

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Carretillero 1	22	0,77	17
Carretillero 2	19	0,77	14
Carretillero 3	15	0,77	11
Carretillero 4	19	0,77	14
Operador buzón 1	22	0,77	17
Operador buzón 2	19	0,77	14
Operador cinta	56	0,26	14
Vibrador	65	0,89	57,9
Palero 1	42	0,87	40
Palero 2	33	0,87	31
Reglero 1	31	1	31
Reglero 2	3	1	3
Platachero	14	1	14

En la Figura 8 se muestra la carta de balance del funcionamiento de la cuadrilla modificada, habiéndose adquirido otro tractor y otros dos buzones. El aumento de rendimiento es mayor que el doble, al no perderse la ritmicidad de la cuadrilla.

2.4 Hormigonado de losa de edificio

En este ejemplo se muestra un estudio de interacción de recursos en una cuadrilla de hormigonado de losas de un edificio alto. El hormigonado se realizaba con una grúa torre, que trasladaba capachos de 0.7 m^3 de capacidad.

Se disponía de dos capachos, con dos obreros que se encargaban de dirigir la ubicación de los capachos, y de su enganche y desenganche de la grúa, además de dos capacheros para el carguío. El abastecimiento de hormigón era mediante camiones de hormigón premezclado que llegaban cada 35 minutos. Luego del transporte del capacho cargado y dirigido por dos ayudantes hacia la zona de colocación, el hormigón era descargado por dos capacheros, esparcido por cuatro paleros, vibrado por dos obreros con un vibrador de inmersión cada uno, regleado por dos regleros y finalmente platachado por cuatro albañiles. También se disponía de un carpintero que controlaba los moldajes de losa en el proceso de vaciado del hormigón.

Los niveles de actividad de la cuadrilla y porcentajes de participación, sin considerar las funciones de los ayudantes que dirigían al operador de la grúa, se aprecian en la carta de balance que se presenta en la Figura 9 y

los datos de la Tabla 6. El rendimiento promedio de colocación de hormigón para la cuadrilla completa era de 16.7 m^3/hr en los instantes de mayor intensidad de trabajo, y de 1.46 m³/h-d en la jornada diaria completa.

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
Vibrador 1	79,3	1,00	79,3
Vibrador 2	37,0	0,93	34,5
Platachero 1	67,0	1,00	67,0
Platachero 2	58,6	1,00	58,6
Platachero 3	67,0	1,00	67,0
Platachero 4	28,0	0,86	24,0
Carpintero	00,0	1,00	00,0
Capachero 1	37,9	1,00	37,9
Capachero 2	34,5	1,00	34,5
Capachero carga 1	67,0	1,00	67,0
Capachero carga 2	67,0	1,00	67,0
Palero 1	89,6	1,00	89,6
Palero 2	89,6	1,00	89,6
Palero 3	55,2	1,00	55,2
Palero 4	27,6	1,00	27,6
Reglero 1	34,5	1,00	34,5
Reglero 2	29,2	0,82	24,1

Al comprobarse un nivel de actividad real del 51.1% y nivel de actividad relativo del 50.44%, se propuso reducir el tamaño de la cuadrilla. Se designó a un obrero encargado de cargar el capacho, un ayudante para dirigir al operador de la grúa, cuatro para descargar y esparcir el hormigón, un vibrador solamente, y cuatro obreros para el regleado y platachado del hormigón. En primera instancia, el rendimiento de colocación intensivo se mantuvo en 16.7 m^3/hr con sólo 12 operarios. El rendimiento general aumentó por concepto de disminución de personal en un 58%, y debe agregarse un aumento adicional por mejoramiento de la eficiencia del trabajo grupal del 52%, alcanzándose 3.5m³/h-d en la jomada diaria y las consiguientes disminuciones de costos variables de esta operación.

III. CONCLUSIONES

El análisis de operaciones mediante Cartas de Balance, junto a cartas de proceso y diagramas de flujo de los principales recursos, forma un paquete de estudio de real efectividad para el aumento de la productividad de las faenas y en particular de operaciones específicas. Entre los principales beneficios adicionales que se han percibido en terreno se cuentan los siguientes:

- mejor comprensión de la ejecución de la operación por parte del personal que participa en ella
- mejor definición de las tareas de cada obrero,
- apoyo a la gestión de los capataces,
- mejoras en la supervisión,
- disminución de accidentes,
- mejoras en el ingreso per cápita de los obreros si se mantiene el trato a las cuadrillas, y
- disminuciones en los costos de la obra al reducirse o evitarse atrasos de avance dada la mejor interacción de sus recursos.

En este artículo se han presentado los resultados de diversas cartas de balance como una base de discusión de errores y omisiones detectados en el proceso definido inicialmente para cada operación. Lo más relevante de esta discusión de los resultados corresponde a la necesidad imperiosa de una revisión periódica de las demoras excesivas, de los problemas de transporte y de la utilización deficiente de los recursos en la ejecución de las

oper alizar con
may

expe ciente. La
utili onalmente
redu tante a la
emp Para una
sien o que está

más as técnicas
mue , como se

1. S Ingeniería
de C
2. O 1989.
3. S

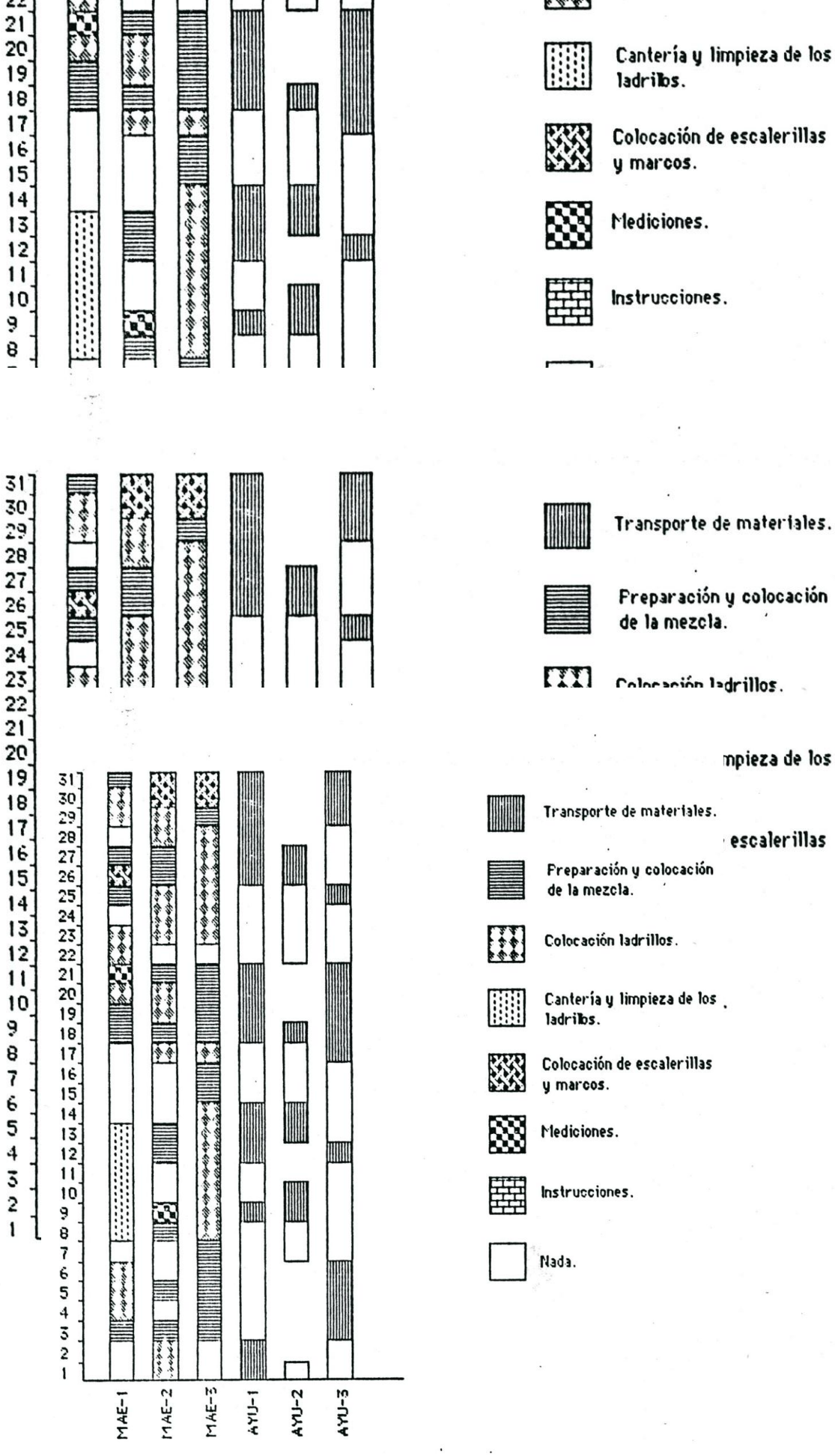


Figura 1 Carta de balance de operación de albañilería

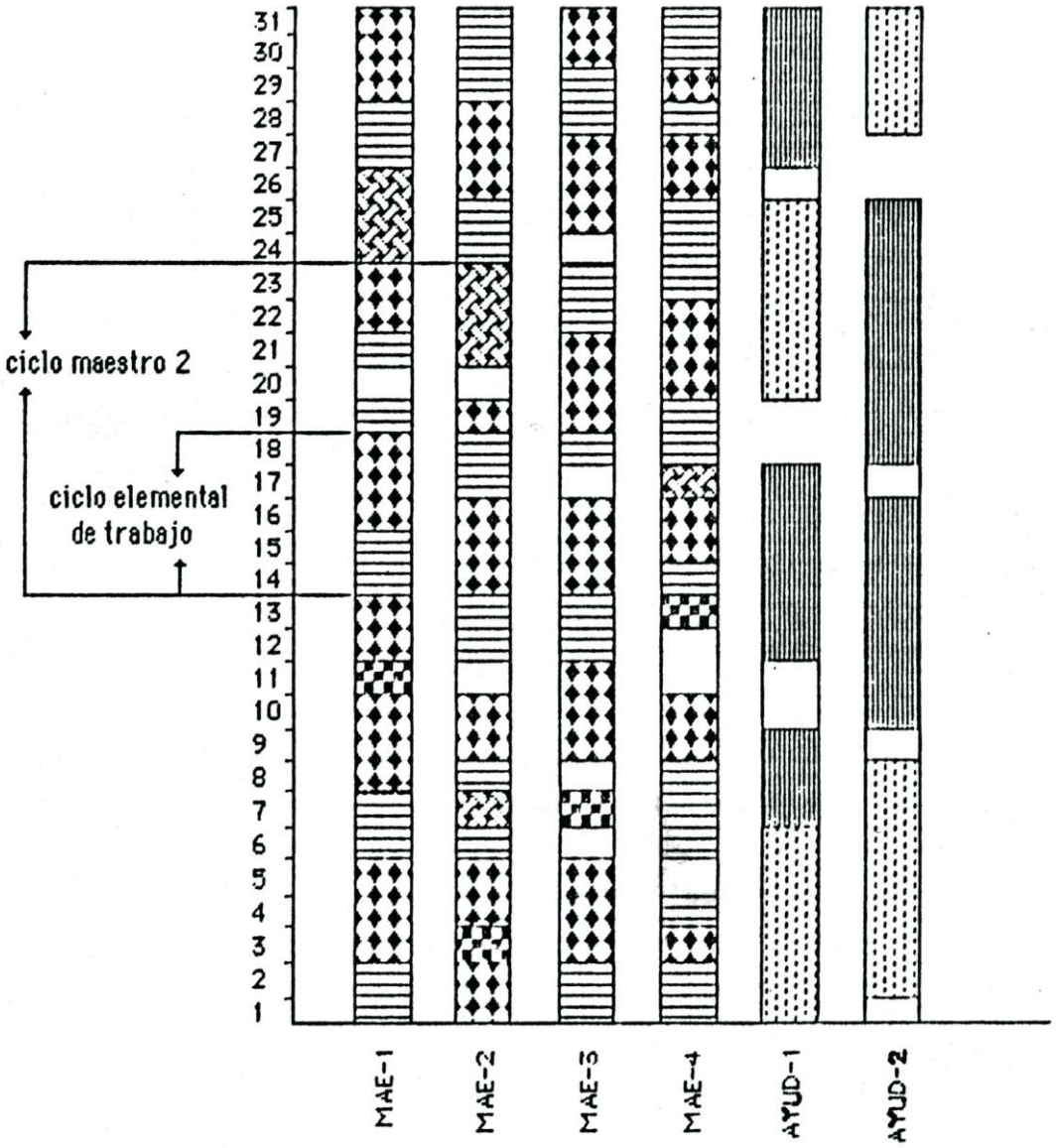


Figura 2 Carta de balance propuesta para la operación de albañilería

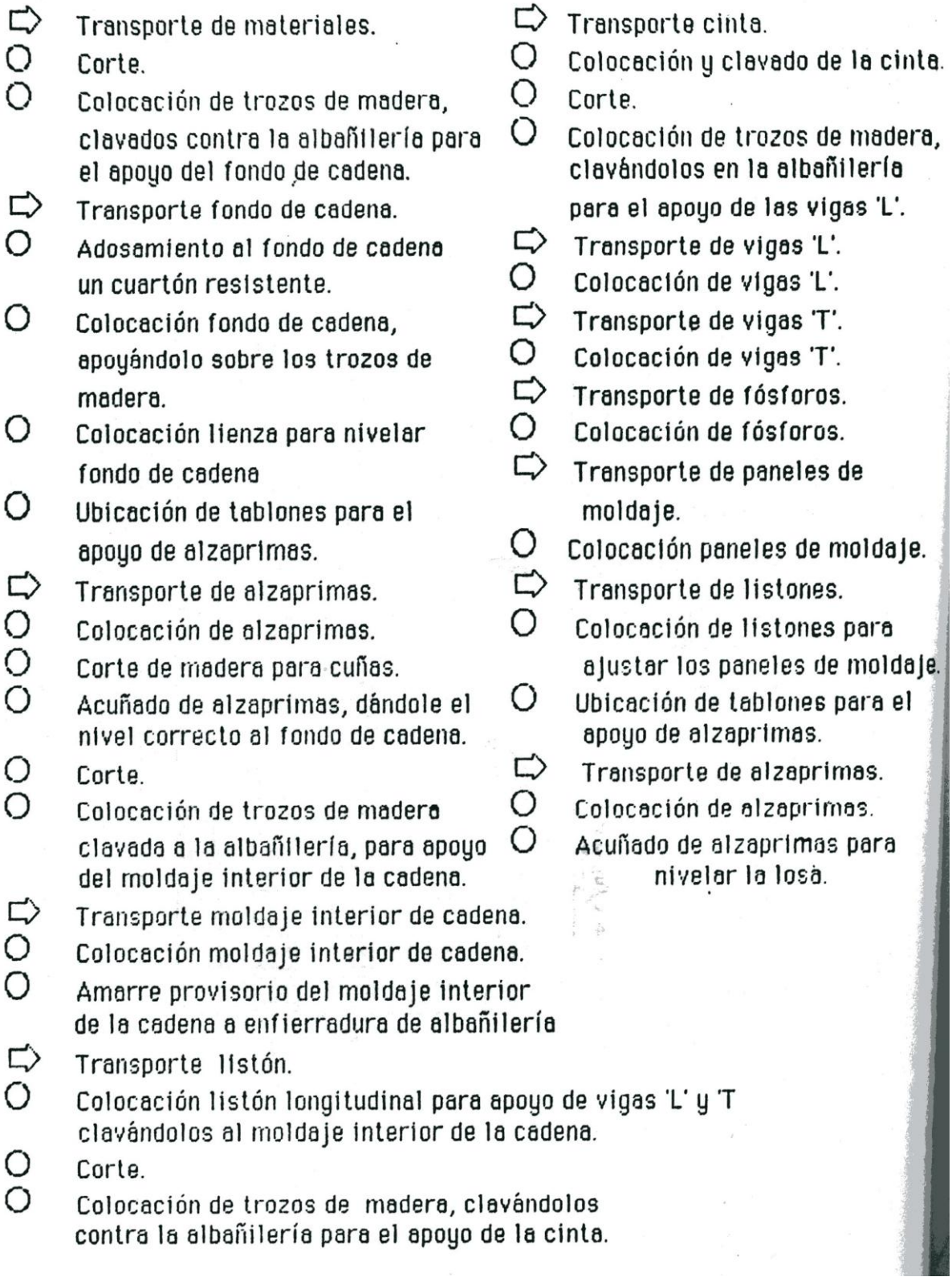


Figura 3 Diagrama de proceso de la actividad de moldaje de losas

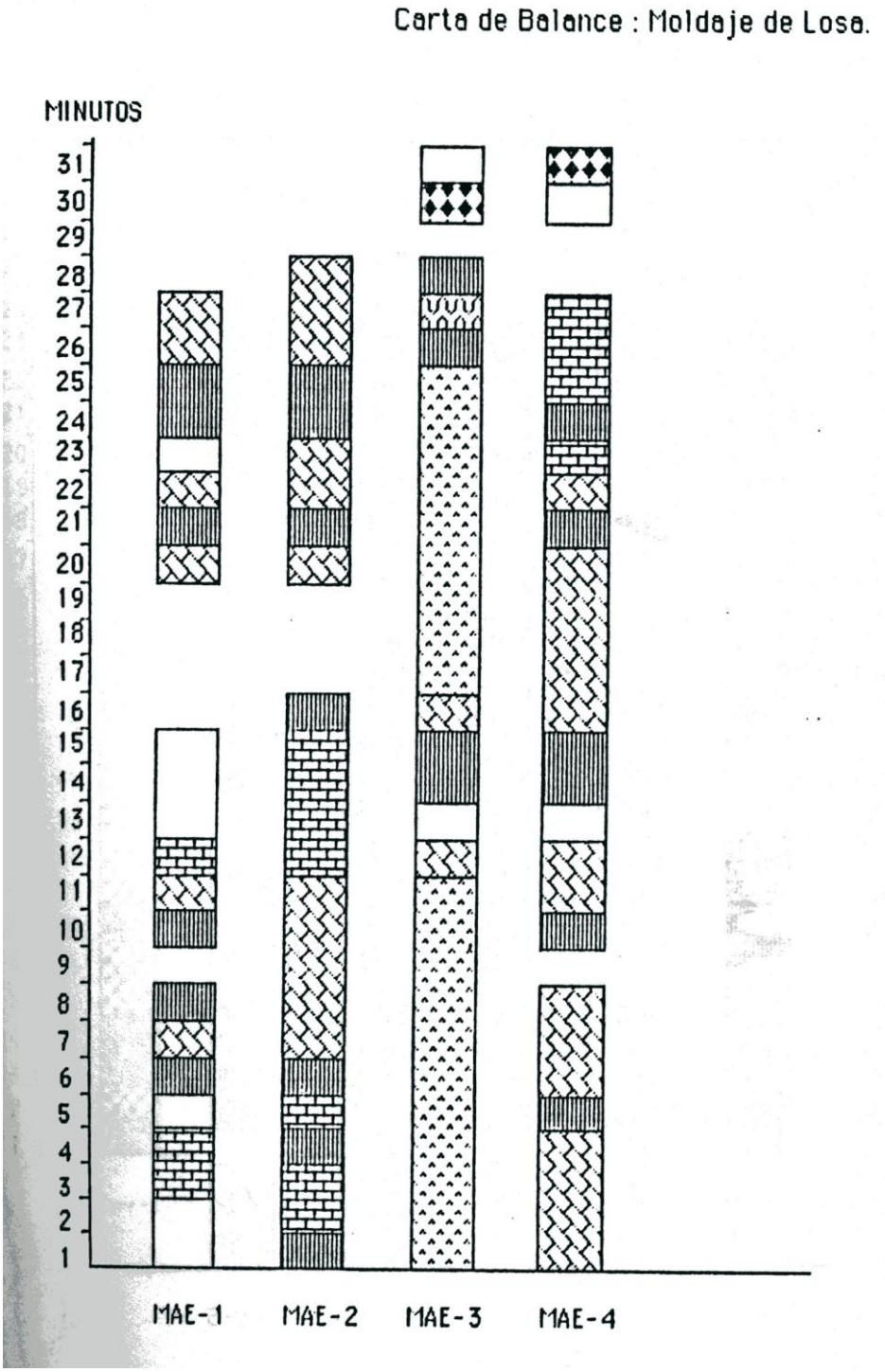


Figura 4 Carta de balance de moldaje de losas de la primera cuadrilla observada

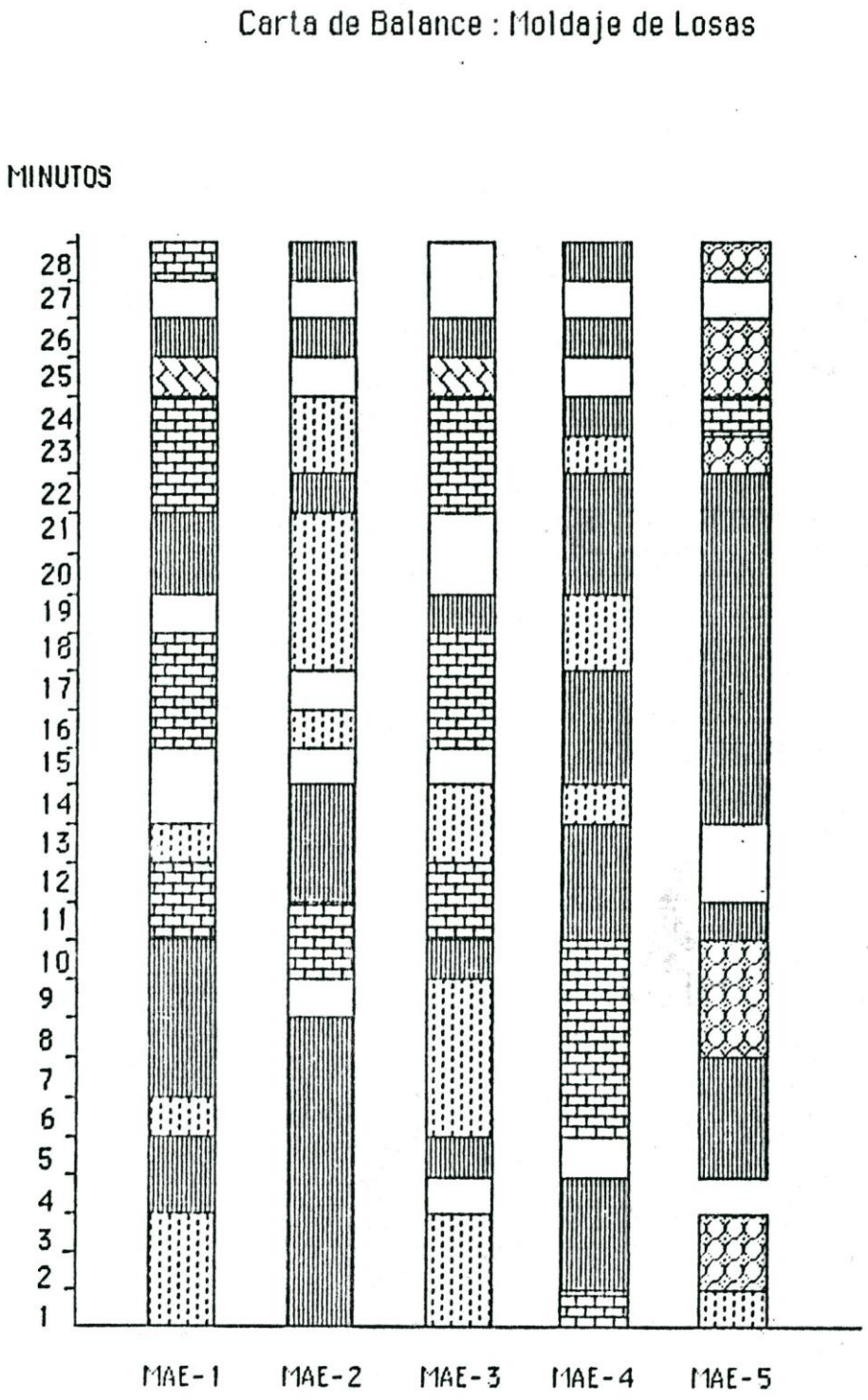
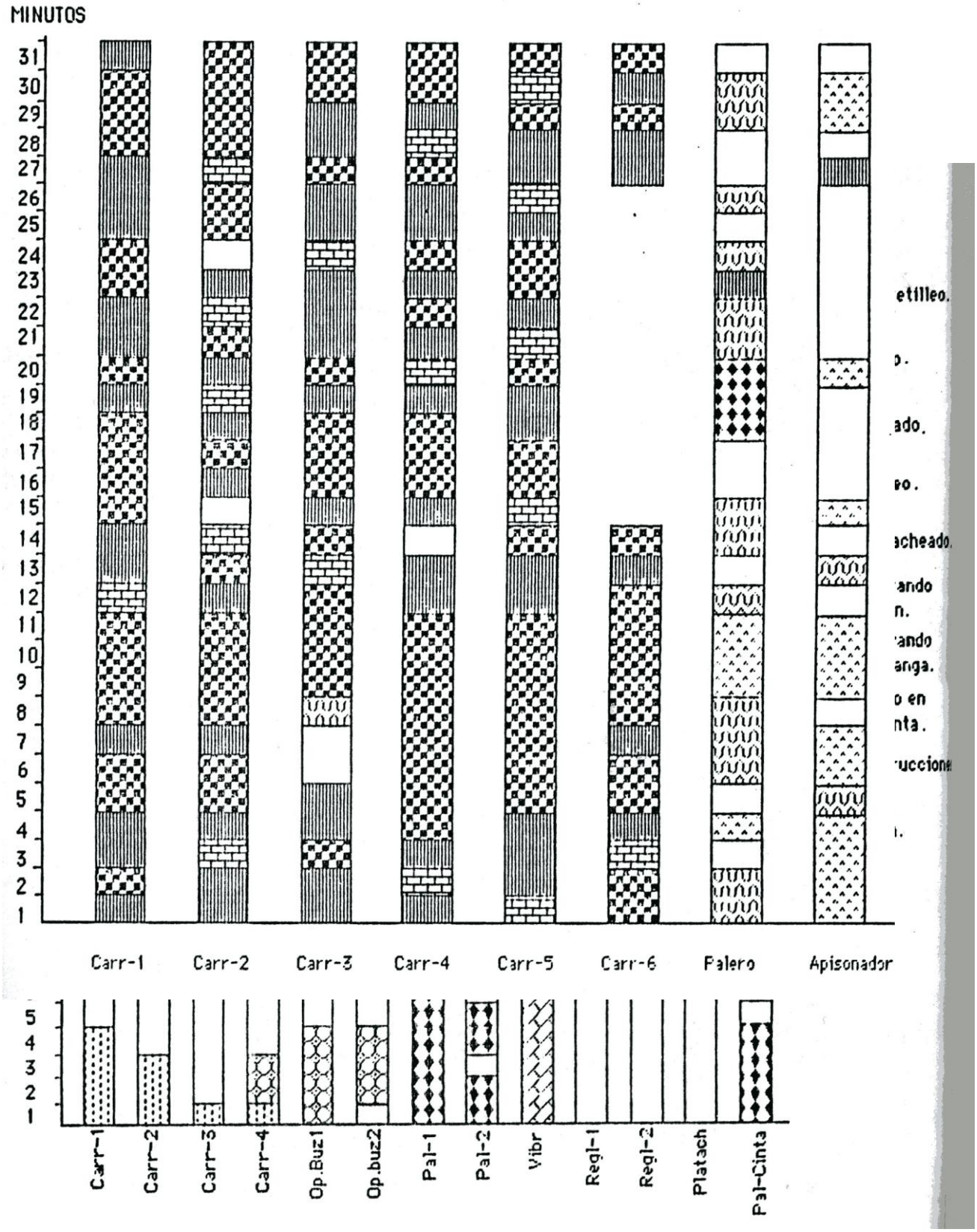


Figura 5 Carta de balance de moldaje de losas de la segunda cuadrilla observada


MINUTOS
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
Carr-1
Carr-2
Carr-3
Carr-4
Carr-5
Carr-6
Palero
Apisonador
5
4
3
2
1
Carr-1
Carr-2
Carr-3
Carr-4
Op.Buz1
Op.buz2
Pal-1
Pal-2
Vibr
Regl-1
Regl-2
Platach
Pal-Cinta

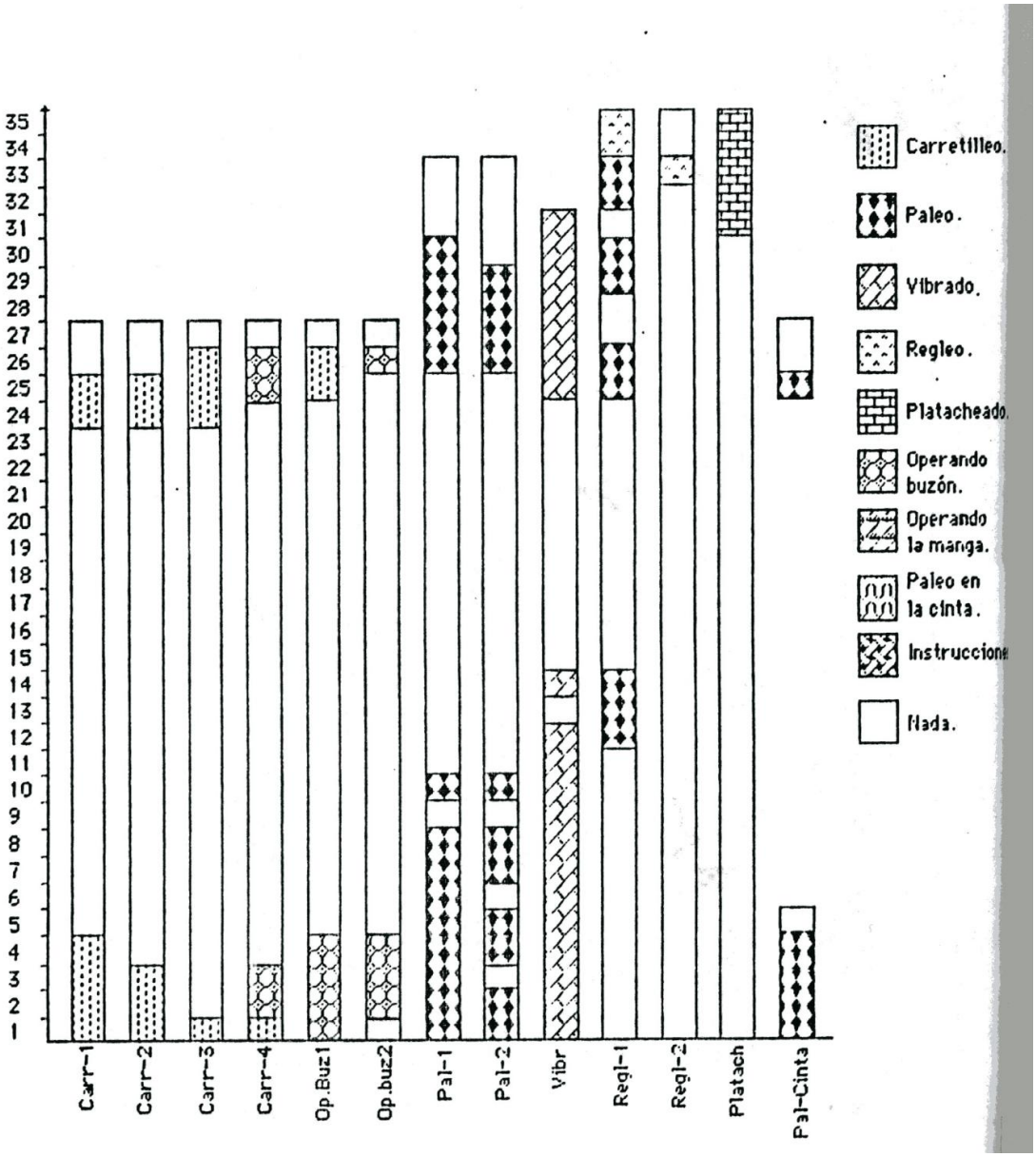


Figura 7 Carta de balance de operación de hormigonado de losa

Tabla 5. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en figura 6.

RECURSO	N.A. REAL (%)	COEF. de PART.	N.A. RELAT. (%)
Carretillero 1	22.0	0.77	17.0
Carretillero 2	19.0	0.77	14.0
Carretillero 3	15.0	0.77	11.0
Carretillero 4	19.0	0.77	14.0
Op. Buzón 1	22.0	0.77	17.0
Op. Buzón 2	19.0	0.77	14.0
Op. Cinta	56.0	0.26	14.0
Vibrador	65.0	0.89	57.9
Palero 1	42.0	0.87	40.0
Palero 2	33.0	0.87	31.0
Reglero 1	31.0	1.00	31.0
Reglero 2	3.00	1.00	3.00
Platachero	14.0	1.00	14.0

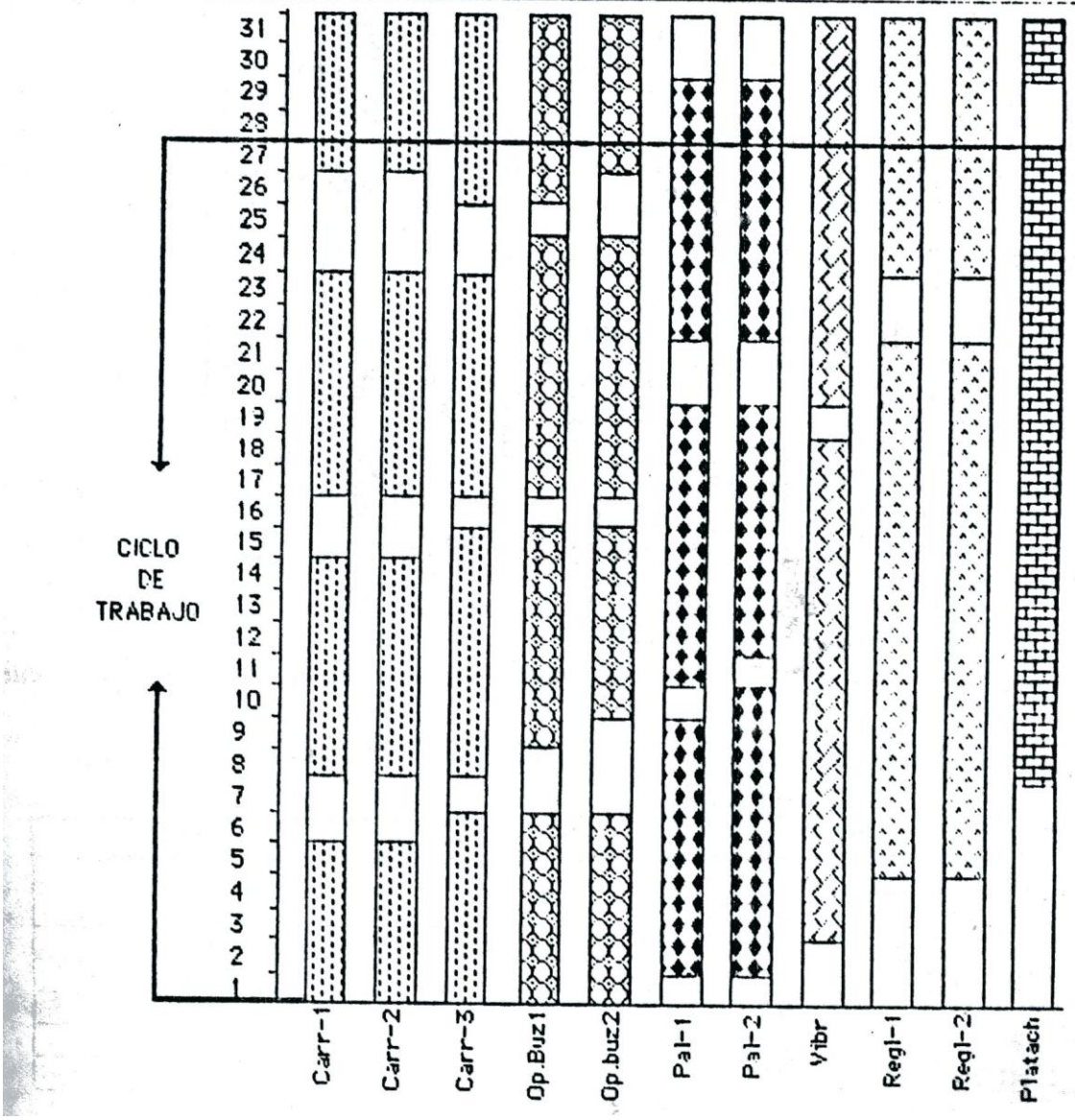


Figura 8 Carta de balance propuesta para hormigonado de losa

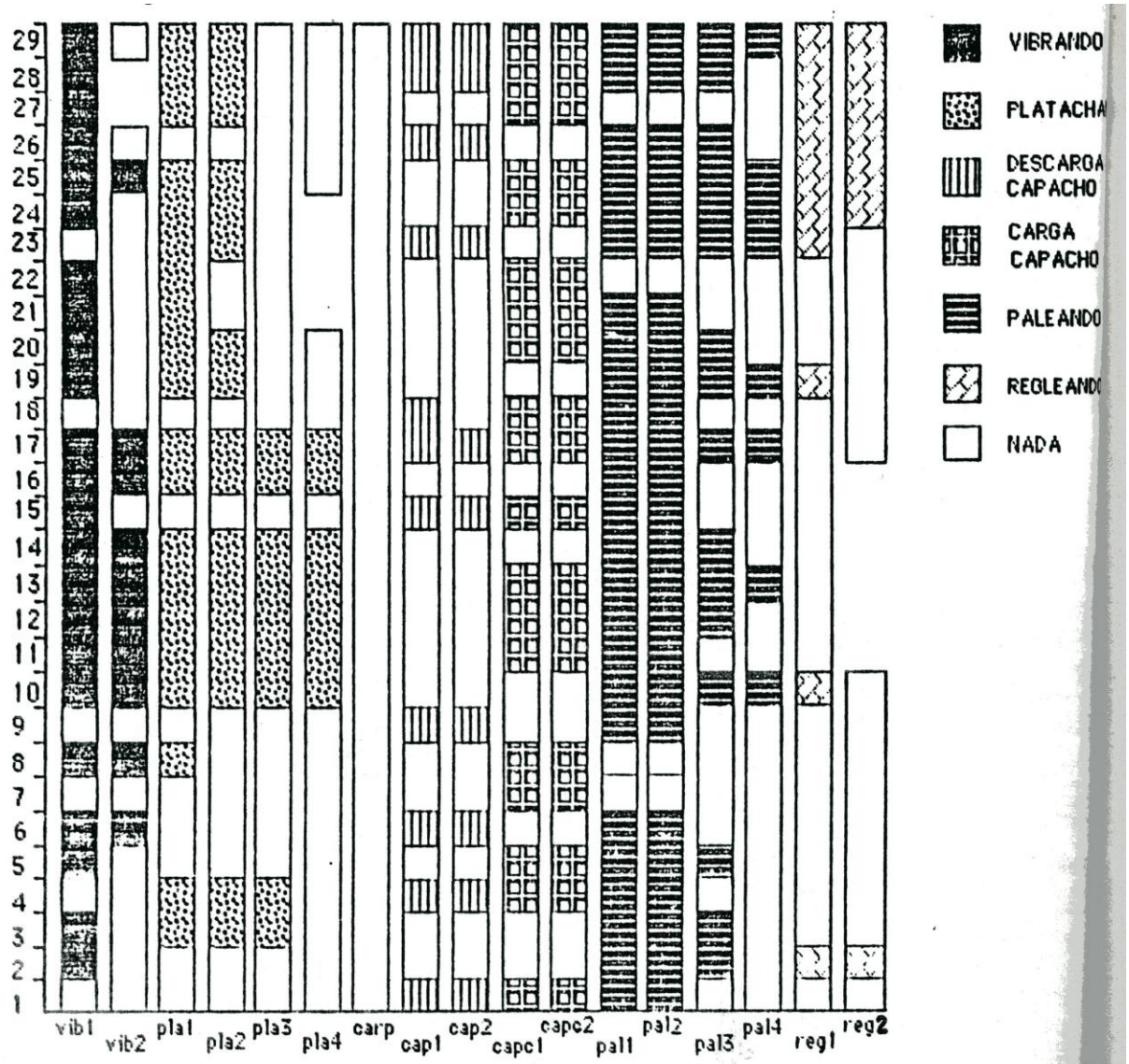


Figura 8.Carta de Balance de cuadrilla observada en hormigonado de losa de edificio

Tabla 6. Descripción de niveles de actividad y participación de los recursos observados en figura 8.

RECURSO	N.A. REAL (%)	COEF. de PART.	N.A. RELAT. (%)
Vibrador 1	79.3	1.00	79.3
Vibrador 2	37.0	0.93	34.5
Platachero 1	67.0	1.00	67.0
Platachero 2	58.6	1.00	58.6
Platachero 3	67.0	1.00	67.0
Platachero 4	28.0	0.86	24.0
Carpintero	0.00	1.00	0.00

Figura 9 Carta de balance de cuadrilla observada en hormigonado de losa de edificio