بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

MÎZÂN-I AMEL

La Balanza del Trabajo

Tratado sobre los fundamentos islámicos del Estudio del Trabajo, la Mejora de Métodos y la Producción Esbelta

(Análisis del Estudio del Trabajo, el Estudio de Métodos, la Medición del Trabajo y las Técnicas de Producción Lean a la luz del Corán, la Sunna, la Mecelle y la tradición Ahî)

Tarkan Ali Akdoğmuş

Especialista en Estudio del Trabajo y Desarrollo de Métodos

Estudio del Trabajo REFA · Análisis de Plantilla y Capacidad

1448 H. / 2026 d. C.

Traducción al español del original turco

Índice

Introducción

Capítulo Primero: Esâs-ı Nazarî (Principios Fundamentales)

1.1 Medida y decreto en el universo
1.2 Los cinco pilares: Adl, İtkân, İktisâd, Takat e İhsân
1.3 El contrato de İcâre y la condición de determinación
1.4 Las máximas generales de la Mecelle y la ingeniería
1.5 Ahîlik, gremio, narh e ihtisâb
1.6 Las Muvakkithâne: herencia de la ciencia del tiempo

Capítulo Segundo: Usûl Tetkiki (Estudio de Métodos)

2.1 Definición y finalidad
2.2 Etapas clásicas del estudio del trabajo
2.3 El diseño de métodos en seis pasos de REFA
2.4 La técnica del interrogatorio: las seis preguntas
2.5 La regla ECRS: İlgâ, Cem', Tertîb-i Cedîd, Teshîl
2.6 Los símbolos ASME: los cinco estados de la obra
2.7 Diagramas de registro
2.8 Economía de movimientos y micromovimientos (Therblig)
2.9 Ergonomía: el trabajo a la medida del ser humano

Capítulo Tercero: Vakit Mesâhası (Medición del Trabajo)

3.1 Definición
3.2 Cronometraje (medición con reloj)
3.3 Valoración de la actuación
3.4 Suplementos (Tahsîsât-ı Zarûriyye)
3.5 La composición del tiempo según REFA
3.6 Muestreo del trabajo (Tesadüfî Nazar)
3.7 Sistemas de tiempos predeterminados
3.8 Datos estándar y tiempos por fórmula
3.9 La ficha estándar como documento

Capítulo Cuarto: Atención a Varias Máquinas, Interferencia y Plantilla

4.1 La relación hombre-máquina
4.2 Teorías de la interferencia
4.3 Distancia de recorrido (Seyr)
4.4 Los tres métodos para determinar la plantilla
4.5 Análisis marginal y el menor de dos males
4.6 Confiar los depósitos a quienes corresponden

Capítulo Quinto: Tasarruf Usûlü (Producción Esbelta)

5.1 Origen y naturaleza
5.2 Los cinco principios del método esbelto
5.3 Las tres calamidades: Muda, Mura, Muri
5.4 Los ocho despilfarros
5.5 Las cinco T (5S): Tefrîk, Tertîb, Tathîr, Tevhîd, Terbiye
5.6 Kaizen: Terakkî-i Tedrîcî (Mejora continua)
5.7 PDCA: Tedbîr, İcrâ, Muâyene, İslâh
5.8 Mukannen Amel (Trabajo estandarizado)
5.9 Tiempo takt y equilibrado de líneas
5.10 Mapa de la cadena de valor (VSM)

5.11 Justo a tiempo (JIT), sistema pull y kanban
5.12 Nivelación de la producción (Heijunka)
5.13 Jidoka, Andon y Poka-Yoke
5.14 SMED: rapidez en el cambio de herramienta
5.15 TPM y Eficiencia General de los Equipos (OEE)
5.16 Gestión visual (Nazarî İdare)
5.17 Ver en el lugar (Gemba)
5.18 Análisis de causa raíz (İllet Tahlili)
5.19 Despliegue de políticas (Hoshin Kanri) y consulta
5.20 Seis Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar
5.21 Los límites éticos del método esbelto

Capítulo Sexto: Defter-i Randıman — Ejemplos del archivo de una empresa

6.1 Tabla de términos (Glosario de conceptos)
6.2 El núcleo de cálculo: la columna vertebral invariable (Líneas 1-43)
6.3 Distancia y tiempo de recorrido
6.4 Resolución de la interferencia con Dale-Jones
6.5 Ejemplos de fichas de máquinas
6.6 La cadena del salario con incentivos
6.7 Asignación óptima de husos: dar de más también es pérdida
6.8 Plantilla: asignar de menos también reduce la eficiencia
6.9 Aplicación del muestreo del trabajo en cuello blanco
6.10 Ejemplos de estudio de métodos
6.11 El dossier de ahorro energético: el sentido amplio del derroche
6.12 Validación cruzada: el registro del ihtisâb
6.13 Antiguas unidades de medida: la herencia del Mîzân
6.14 Reglas de uso del fondo de conocimiento

Capítulo Séptimo: Conclusión y Máximas

Anexo I: Glosario

Anexo II: Índice de aleyas y hadices

Introducción

Alabado sea Allah, que creó todas las cosas con medida y decreto. Que la paz y las bendiciones sean sobre el Noble Profeta, quien inspeccionaba personalmente el mercado, ordenó que el salario del trabajador se pagara antes de que se secara su sudor y dijo: «Allah ama que, cuando uno de vosotros realiza una obra, la haga con *itkân* (perfección)».

El presente tratado examina, en comparación con los principios de la ética y del derecho islámicos, las disciplinas de ingeniería conocidas hoy como «estudio del trabajo», «estudio de métodos», «medición del trabajo» y «producción esbelta» (*lean*). Su propósito es mostrar que estas disciplinas no son métodos extranjeros importados de Occidente, sino que tienen raíces en el mandato coránico del *mîzân* (la balanza), en las enseñanzas de la Sunna sobre la perfección y la justicia, en las máximas generales de la Mecelle y en la ética gremial de la organización Ahî.

En el original turco, los términos técnicos se tomaron, en la medida de lo posible, del vocabulario científico del turco otomano. En esta traducción se conservan esos términos en cursiva, acompañados de su equivalente técnico actual entre paréntesis en su primera aparición; al final se incluye un glosario. Las aleyas coránicas se citan según su sentido (traducción interpretativa) y se indican las fuentes de los hadices.

En la última parte del tratado se citan, como ejemplos de aplicación, los estudios del trabajo realizados personalmente por el autor en telares (*destgâh*), líneas de extrusión, urdidoras (*arış*), almacenes y áreas de transporte interno. Mientras la teoría no tenga correspondencia en la vida, la ciencia permanece en el libro; mientras no se aplique, la ética permanece en las palabras.

Advertencia: Este tratado no es una *fatwa* (dictamen jurídico religioso). Es un análisis ético e intelectual de la armonía entre los principios islámicos y los métodos de ingeniería. Para cuestiones de jurisprudencia islámica debe consultarse a eruditos competentes.

Capítulo Primero: Esâs-ı Nazarî (Principios Fundamentales)

1.1 Medida y decreto en el universo

La tesis fundamental del estudio del trabajo es esta: toda obra puede medirse, toda medida puede pesarse y toda pesada puede hacerse con justicia. Esta tesis está en plena concordancia con la visión islámica del universo.

> *«Ciertamente, Nosotros hemos creado todas las cosas según una medida (qadar).»* **(al-Qamar, 54:49)**
>
> *«Allah ha establecido una medida para cada cosa.»* **(at-Talâq, 65:3)**
>
> *«El sol y la luna siguen un cálculo preciso.»* **(ar-Rahmân, 55:5)**

Este orden del universo es el modelo del orden en la industria. Que el sol y la luna se muevan según un cálculo (*husbân*) indica que también la producción debe fluir según un pulso (*nabız vakti*, tiempo takt). Si hay medida en la creación, también debe haberla en el arte del ser humano.

1.2 Los cinco pilares: Adl, İtkân, İktisâd, Takat e İhsân

Primer pilar: Adl y Mîzân (Justicia y Medida)

> *«Elevó el cielo y estableció la balanza, para que no transgredáis en el pesar. Pesad con equidad y no defraudéis en la balanza.»* **(ar-Rahmân, 55:7-9)**
>
> *«¡Ay de los defraudadores! Los que, cuando reciben de la gente, exigen la medida completa, y cuando miden o pesan para ellos, la disminuyen.»* **(al-Mutaffifîn, 83:1-3)**
>
> *«Completad la medida y el peso con equidad y no menoscabéis a la gente en sus bienes.»* **(Hûd, 11:85)**

El *mikyâs-ı vakit* (tiempo estándar) es una balanza de dos platillos. En uno está el bien del empleador; en el otro, el esfuerzo del trabajador. Si el tiempo se fija de más, se pierde el derecho del empleador; si se fija de menos, se pierde el del trabajador. Ambos son **tatfîf**, es decir, fraude en la medida. Por ello, el analista del trabajo cumple, en su calidad de ingeniero, la función de un **muhtesib** (inspector del mercado).

Segundo pilar: İtkân (Trabajo sólido y sin defecto)

> *«Allah ama que, cuando uno de vosotros realiza una obra, la haga con itkân.»* **(Bayhaqî, Shu'ab al-Îmân; Tabarânî, al-Mu'jam al-Awsat)**
>
> *«Es la obra de Allah, que lo ha perfeccionado todo.»* **(an-Naml, 27:88)**

El estudio de métodos, la gestión de la calidad y la prevención de errores son las formas industriales del mandato de *itkân*. *İtkân* no consiste solo en terminar el trabajo, sino en hacerlo con el método más correcto, con el menor error y con un orden repetible.

Tercer pilar: İktisâd y prohibición del derroche

> *«Comed y bebed, pero no derrochéis. Ciertamente, Allah no ama a los derrochadores.»* **(al-A'râf, 7:31)**
>
> *«No despilfarres. Ciertamente, los despilfarradores son hermanos de los demonios.»* **(al-Isrâ, 17:26-27)**

> *«Y los que, cuando gastan, no derrochan ni son tacaños, sino que mantienen un término medio entre ambos.»* **(al-Furqân, 25:67)**

Se narra que el Profeta aconsejó no desperdiciar agua en la ablución aun estando a la orilla de un río caudaloso (Ibn Mâja, Tahâra 48). Aunque la gracia sea abundante, el derroche es reprobable. Todo el edificio de la producción esbelta se levanta sobre este precepto. El «término medio» de la sura al-Furqân es exactamente la máxima esbelta de «ni de más ni de menos, justo lo necesario».

Cuarto pilar: Takat (Capacidad soportable)

> *«Allah no impone a ningún alma una carga mayor de la que puede soportar.»* **(al-Baqara, 2:286)**
>
> *«Ellos son vuestros hermanos… No les impongáis trabajos que estén por encima de sus fuerzas; y si se los imponéis, ayudadles.»* **(Bujârî, Îmân 22)**

El suplemento de descanso, el suplemento por necesidades personales, el suplemento por fatiga, la ergonomía y la determinación de plantilla son la aplicación de este pilar. En cuanto la carga de trabajo supera la capacidad física y mental del trabajador, comienzan a la vez la injusticia y la ineficiencia.

Quinto pilar: İhsân (Excelencia y belleza)

> *«Allah ha prescrito el ihsân (hacer bien y con perfección) en todas las cosas.»* **(Muslim, Sayd 57)**
>
> *«Ciertamente, Allah ordena la justicia y el ihsân.»* **(an-Nahl, 16:90)**

La justicia es el límite mínimo; el *ihsân* es el fin máximo. La «búsqueda de la perfección», quinto principio de la producción esbelta, y la mejora continua son la manifestación industrial del *ihsân*.

1.3 El contrato de İcâre y la condición de determinación

En el derecho islámico, el contrato de trabajo y de servicio se expresa mediante el contrato de **icâre** (arrendamiento de servicios). La *icâre* es la transferencia de un beneficio (servicio) a cambio de un salario determinado. Los juristas exigen por unanimidad que tanto el **beneficio** (el trabajo a realizar) como el **salario** sean *ma'lûm* (determinados y conocidos). Una indeterminación (*cehâlet*) o incertidumbre (*garar*) que pueda llevar a disputa vicia el contrato.

La ficha de tiempo estándar es el documento moderno de esta condición de determinación. Si no está claro a cuántos telares atenderá un trabajador por turno, cuántos minutos dura un ciclo o cuánto es el suplemento de descanso, el lado del «beneficio» del contrato queda indeterminado. La ficha estándar, al determinar el trabajo, fortalece el contrato.

El derecho islámico distingue dos clases de asalariado: el **ecîr-i hâs**, que trabaja para una persona durante un período determinado y gana su salario según el tiempo (el salario por hora o mensual de hoy); y el **ecîr-i müşterek**, que recibe su salario según la obra realizada (el salario a destajo y con primas de hoy). En los sistemas a destajo y con primas, la exactitud del tiempo estándar determina directamente la justicia del salario. Cuando el salario no se ha fijado, se toma como base el **ecr-i misl**, el salario de obras equivalentes; este es el correlato jurídico de la valoración de puestos y la comparación salarial actuales.

> *«Pagad al trabajador su salario antes de que se seque su sudor.»* **(Ibn Mâja, Ruhûn 4)**
>
> *«Una de las dos dijo: Padre mío, contrátalo; el mejor que puedes contratar es el fuerte y digno de confianza.»* **(al-Qasas, 28:26)**

Esta aleya de la sura al-Qasas establece los dos criterios para seleccionar al trabajador: **fuerza** (competencia, aptitud) y **emânet** (fiabilidad). Las matrices de competencias y las formaciones en habilidades de hoy no son más que el desarrollo de estas dos condiciones.

1.4 Las máximas generales de la Mecelle y la ingeniería

La Mecelle-i Ahkâm-ı Adliyye, que el Estado Otomano hizo preparar entre 1869 y 1876 bajo la presidencia de Ahmed Cevdet Pasha, reunió en sus primeros 100 artículos las máximas generales del derecho islámico. Muchas de ellas guían directamente las decisiones cotidianas del analista del trabajo.

Art.	Máxima	Aplicación en el estudio del trabajo
2	Las cosas se juzgan según su finalidad.	Primero se determina el objetivo del estudio (primer paso de REFA).
17	La dificultad atrae la facilitación.	El trabajo pesado y difícil debe aliviarse mediante la mejora de métodos y la ergonomía.
19	No se causa daño ni se responde al daño con daño.	No se perjudica al trabajador con sobrecarga ni al empleador con tiempos inflados.
20	El daño debe eliminarse.	El derroche y el error detectados deben corregirse obligatoriamente.
29	Se elige el menor de dos males.	En el análisis marginal se elige la menor de dos pérdidas: ¿coste de un trabajador adicional o pérdida de producción?
36	La costumbre es árbitro.	El método establecido y probado se toma como trabajo estandarizado.
39	No puede negarse que las normas cambian con el cambio de los tiempos.	Si cambian la máquina, el producto o el método, la ficha estándar también se corrige.
87	La carga corresponde al beneficio.	El coste de una inversión se pesa frente al beneficio que aportará (coste-beneficio).
88	El beneficio corresponde a la carga.	El beneficio del aumento de rendimiento exige el esfuerzo del estudio y la mejora.

1.5 Ahîlik, gremio, narh e ihtisâb

La organización Ahî, fundada en Anatolia en el siglo XIII con centro en Kırşehir por el jeque Nasîrüddîn Mahmûd, conocido como **Ahî Evran**, unió el oficio y la ética en una misma institución. El *ahî* estaba obligado a ser «dueño de su mano, de su cintura y de su lengua». La cadena aprendiz–oficial–maestro es el origen de los niveles de habilidad y de la formación en el puesto (método maestro–aprendiz) actuales.

Los *fütüvvetnâme* contenían las normas éticas y de oficio que debían seguir los artesanos. «Arrojar al tejado los zapatos» del artesano que producía mercancía defectuosa era la exposición pública de la falta de calidad. En la organización gremial, cargos como el **yiğitbaşı** y el **kethüdâ** supervisaban la calidad de la mercancía y la competencia del maestro.

En el Imperio Otomano, el orden del mercado lo garantizaba el **muhtesib**. Las leyes de *ihtisâb* fijaban la medida de muchos bienes, desde el gramaje del pan hasta el ancho y el largo de las telas. El **narh**, por su parte, era la fijación del precio sobre la base del coste y de un beneficio razonable.

El costeo de productos y el método de costes estándar de hoy son la continuación científica del *narh*.

> *«Cuando peséis, inclinad la balanza (a favor de la otra parte).»* **(Ibn Mâja, Tiyârât 34)**

1.6 Las Muvakkithâne: herencia de la ciencia del tiempo

En las ciudades otomanas, junto a las grandes mezquitas, existían edificios para medir el tiempo llamados **muvakkithâne**. El **muvakkit** a cargo determinaba con precisión de minutos los horarios de oración mediante relojes de sol, astrolabios y cuadrantes. En la civilización islámica, como el tiempo es condición del culto, medirlo se consideraba una ciencia y un deber.

> *«¡Por el tiempo! Ciertamente el ser humano está en pérdida, salvo los que creen y obran rectamente…»* **(al-'Asr, 103:1-3)**
>
> *«Hay dos gracias en las que la mayoría de la gente se engaña: la salud y el tiempo libre.»* **(Bujârî, Riqâq 1)**

El ingeniero de estudio de tiempos de hoy es el heredero industrial del *muvakkit*. El *muvakkit* servía a la adoración midiendo el tiempo del culto; el analista del trabajo sirve al derecho de las personas midiendo el tiempo del esfuerzo.

Capítulo Segundo: Usûl Tetkiki (Estudio de Métodos)

2.1 Definición y finalidad

El **usûl tetkiki** (estudio de métodos) es el registro sistemático de la forma en que se realiza un trabajo existente o propuesto, su examen con mirada crítica, y el desarrollo y la aplicación de un método más fácil, más seguro y menos costoso. Mientras la medición del trabajo responde a la pregunta «¿cuánto dura?», el estudio de métodos responde a «¿cómo debe hacerse?». La regla es: **primero se mejora el método, después se mide el tiempo.** Medir con precisión un método equivocado no es otra cosa que convertir el derroche en estándar.

> *«Cuando termines una tarea, dedícate (de inmediato) a otra.»* **(al-Inshirâh, 94:7)**

2.2 Etapas clásicas del estudio del trabajo

En el método de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el estudio del trabajo se lleva a cabo en las siguientes etapas:

- **Seleccionar:** se elige el trabajo a estudiar según su importancia como cuello de botella, coste o seguridad.
- **Registrar:** el método actual se anota por completo con diagramas y símbolos. (El mandato de registro de al-Baqara 282 es el fundamento de esta etapa.)
- **Examinar críticamente:** cada actividad se analiza con la técnica del interrogatorio.
- **Idear (mejorar):** se diseña un método mejor.
- **Medir:** se mide el tiempo del nuevo método.
- **Definir:** método y tiempo se fijan en un documento escrito en forma de ficha estándar.
- **Implantar:** el nuevo método se lleva al taller junto con la formación de los trabajadores.
- **Mantener y controlar:** se realizan inspecciones periódicas para que el método no se degrade.

2.3 El diseño de métodos en seis pasos de REFA

El diseño de métodos de la asociación alemana REFA es una secuencia de seis pasos que comienza con el objetivo y termina con el control:

Paso	Equivalente REFA	Fundamento islámico
1. Fijar el objetivo	Ziele festlegen	«Las obras valen según las intenciones.» (Bujârî, Bad' al-Wahy 1)
2. Delimitar la tarea	Aufgabe abgrenzen	«Parte de la excelencia del islam de una persona es abandonar lo que no le concierne.» (Tirmidhî, Zuhd 11)
3. Concebir la solución ideal	Ideale Lösung suchen	*İhsân*: buscar lo mejor (an-Nahl 90)
4. Reunir datos y soluciones viables	Daten sammeln	«Si os llega una noticia, verificadla.» (al-Hujurât 6)
5. Seleccionar la solución óptima	Optimale Lösung auswählen	El menor de dos males (Mecelle art. 29), consulta (ash-Shûrâ 38)
6. Implantar y controlar el objetivo	Einführen und kontrollieren	«Vuelve la mirada… y luego vuelve a mirar una y otra vez.» (al-Mulk 3-4)

2.4 La técnica del interrogatorio: las seis preguntas

El corazón del estudio de métodos son las seis preguntas que se hacen a cada actividad. Estas preguntas sustituyen las suposiciones arbitrarias por un juicio basado en evidencias:

Pregunta	Propósito	Pregunta de segundo nivel
¿Qué se hace?	Naturaleza de la actividad	¿Qué otra cosa podría hacerse?
¿Por qué se hace?	Necesidad (valor añadido)	¿Qué pasaría si no se hiciera?
¿Dónde se hace?	Lugar	¿Dónde más podría hacerse?
¿Cuándo se hace?	Secuencia y tiempo	¿Cuándo más podría hacerse?
¿Quién lo hace?	Competencia	¿Quién más podría hacerlo?
¿Cómo se hace?	Método	¿De qué otra manera podría hacerse?

> *«¡Oh, creyentes! Si un transgresor os trae una noticia, verificad su veracidad.»* **(al-Hujurât, 49:6)**
>
> *«No sigas aquello de lo que no tienes conocimiento.»* **(al-Isrâ, 17:36)**

Estas aleyas expresan, en lenguaje de ingeniería, el principio de la «decisión basada en datos». Mientras una suposición no se confirme con registros, no se emite juicio.

2.5 La regla ECRS: İlgâ, Cem', Tertîb-i Cedîd, Teshîl

Como resultado del interrogatorio, para cada actividad se prueban por orden cuatro vías de mejora:

Orden	Otomano	Término actual	Fundamento islámico
1	İlgâ	Eliminar (Eliminate)	Abandonar lo inútil (Tirmidhî, Zuhd 11)
2	Cem'	Combinar (Combine)	Cooperación y unidad (al-Mâ'ida 2)
3	Tertîb-i cedîd	Reordenar (Rearrange)	«Cuando termines una tarea, dedícate a otra.» (al-Inshirâh 7)
4	Teshîl	Simplificar (Simplify)	«Facilitad, no dificultéis.» (Bujârî, 'Ilm 11)

La sabiduría del orden es evidente: esforzarse en simplificar un trabajo innecesario es también un derroche. Primero se abandona lo que debe abandonarse; después se facilita lo que queda.

2.6 Los símbolos ASME: los cinco estados de la obra

Los cinco símbolos establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) permiten registrar cualquier tipo de trabajo. Solo el símbolo de **amel** (operación) añade valor al producto; los demás son necesarios o son derroche.

Símbolo	Otomano	Término actual	Valor añadido
○	Amel	Operación	Añade valor
□	Muâyene	Inspección	Necesario, no añade valor
→	Nakil	Transporte	Derroche (reducir al mínimo)
D	Tevakkuf / Bekleme	Demora	Derroche
▽	Hıfz / Muhâfaza	Almacenamiento	Derroche (el exceso es pérdida)

2.7 Diagramas de registro

- **Cursograma (diagrama de proceso):** enumera todos los estados por los que pasa el material o el trabajador, con símbolos ASME, distancias y tiempos. Se ve de un vistazo cuántos transportes y esperas hay.
- **Diagrama de recorrido:** traslada los movimientos del cursograma al plano de distribución de la planta. Así se ponen de manifiesto los retrocesos y los caminos que se cruzan.
- **Diagrama de hilos y diagrama espagueti:** el recorrido que el trabajador hace en un turno se sigue en el plano con un hilo o una línea. Cuanto más enredadas estén las líneas, peor es la disposición.
- **Diagrama bimanual:** registra los movimientos simultáneos de la mano derecha y la izquierda en el puesto. Que una mano espere ociosa es derroche de movimiento.
- **Diagrama hombre-máquina:** muestra en el mismo eje de tiempo los momentos en que el trabajador y la máquina están ocupados u ociosos. Es la base de la atención a varias máquinas.
- **Diagrama de actividades múltiples:** coloca lado a lado las actividades simultáneas de los trabajadores y máquinas de un equipo para mostrar esperas y cuellos de botella.

2.8 Economía de movimientos y micromovimientos (Therblig)

Frank y Lillian Gilbreth descompusieron los movimientos de la mano en diecisiete elementos básicos y los llamaron «therblig», su apellido invertido: buscar, seleccionar, asir, transportar, posicionar, soltar, inspeccionar, planificar, descansar, demoras inevitables y evitables, etc. Ralph Barnes derivó de ellos los principios de economía de movimientos:

- Las dos manos deben empezar y terminar a la vez y no deben estar ociosas al mismo tiempo salvo en el descanso.
- Los brazos deben moverse en direcciones opuestas y simétricas.
- Los movimientos deben mantenerse en la clase corporal más baja (dedos, muñeca), minimizando la participación de todo el cuerpo.
- Herramientas y materiales deben tener un lugar fijo y determinado, dentro del área de alcance.
- El material debe alimentarse por gravedad siempre que sea posible y mantenerse cerca del punto de uso.
- Los movimientos curvos y continuos son preferibles a los que cambian bruscamente de dirección.

> *«Quien haya hecho el peso de un átomo de bien, lo verá; y quien haya hecho el peso de un átomo de mal, lo verá.»* **(az-Zalzala, 99:7-8)**

El análisis de los micromovimientos se ajusta a la finura ética de esta aleya: ningún movimiento es pequeño. Un segundo de movimiento innecesario repetido miles de veces al día se convierte en cientos de horas de derroche al año y, en el cuerpo del trabajador, en una fatiga acumulada.

2.9 Ergonomía: el trabajo a la medida del ser humano

La ergonomía es adaptar el trabajo al ser humano, no forzar al ser humano al trabajo. La altura de trabajo, la distancia de alcance, el peso y la frecuencia de la carga levantada, la iluminación, el ruido y la temperatura son su campo. Métodos como la ecuación de levantamiento de NIOSH, REBA y RULA hacen medible la exigencia física.

La ergonomía es la aplicación directa del pilar de la capacidad (*takat*). El mandato de Bujârî «no les impongáis lo que esté por encima de sus fuerzas; y si se lo imponéis, ayudadles» exige equipos de elevación, mesas giratorias, equilibradores de carga y organización del trabajo en pareja para

cargas pesadas. La máxima de la Mecelle «La dificultad atrae la facilitación» (art. 17) va en la misma dirección.

Capítulo Tercero: Vakit Mesâhası (Medición del Trabajo)

3.1 Definición

El **vakit mesâhası** (medición del trabajo) es la determinación del tiempo que necesita un trabajador cualificado para realizar un trabajo con un método definido y a un ritmo normal. Este tiempo recibe el nombre de **mikyâs-ı vakit** (tiempo estándar) y es la base común de la plantilla, la capacidad, el coste, el salario y la planificación. Si el estándar es erróneo, todo cálculo construido sobre él también lo será.

> *«Estableceremos las balanzas de la justicia para el Día de la Resurrección y nadie será tratado injustamente en nada. Aunque sea del peso de un grano de mostaza, lo traeremos. Y bastamos Nosotros como contadores.»* **(al-Anbiyâ, 21:47)**

3.2 Cronometraje (medición con reloj)

El cronometraje es el método de dividir el trabajo en elementos y medir cada elemento muchas veces con cronómetro. Se siguen estos pasos:

- Se recopila información sobre el trabajo y el trabajador; se comprueba que el método esté estandarizado.
- El trabajo se divide en **elementos** con puntos de inicio y fin definidos.
- Cada elemento se mide el número de veces necesario (método continuo o de vuelta a cero).
- En cada medición se valora la **actuación** (desempeño) del trabajador.
- Se calcula el tiempo normal y se añaden los suplementos de descanso y otros.
- Se fija el tiempo estándar y se anota en la ficha.

El número necesario de mediciones, para una precisión de ±5 % y un nivel de confianza del 95 %, se halla con la fórmula:

$$n' = \left[\, 40 \cdot \sqrt{\left(n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 \right)} \,/\, \Sigma x \,\right]^2$$

Aquí n es el número de mediciones realizadas y x cada valor medido. Si el n′ calculado es mayor que el n realizado, se continúan las mediciones. Esta fórmula es la aplicación estadística del mandato «verificad» de la sura al-Hujurât: no se emite juicio basándose en una sola medida.

3.3 Valoración de la actuación

El ritmo del trabajador observado puede diferir del normal. Si no se corrige esta diferencia, al medir a un trabajador rápido el tiempo se acorta y se comete injusticia contra todos; al medir a uno lento, el tiempo se alarga y se pierde el derecho del empleador. Esta diferencia se elimina con la fórmula **Tiempo normal = Tiempo observado × Grado de actuación**.

En el método Westinghouse la actuación se valora con cuatro factores: **habilidad**, **esfuerzo**, **condiciones** y **consistencia**. En el método REFA, el grado de actuación llamado «Leistungsgrad» se valora a partir de la intensidad y la armonía del movimiento. En ambos métodos, para que la valoración sea justa, es condición que el analista de tiempos (*muvakkit*) esté formado.

> *«¡Oh, creyentes! Sed firmes en la justicia por Allah, dando testimonio con equidad. Que el odio hacia un pueblo no os lleve a ser injustos.»* **(al-Mâ'ida, 5:8)**

3.4 Suplementos (Tahsîsât-ı Zarûriyye)

Al tiempo normal se añaden los suplementos necesarios que derivan de la condición humana del trabajador y de la naturaleza del trabajo:

Suplemento	Otomano	Naturaleza
Suplemento por descanso	İstirahat hissesi	Recuperación de la fatiga física y mental
Suplemento por necesidades personales	Havâic-i zarûriyye hissesi	Necesidades naturales como beber agua, ablución, aseo
Suplemento por demoras	Tevakkuf hissesi	Esperas breves ajenas al trabajador
Suplemento por tiempo disperso	Tevzî hissesi	Tareas auxiliares distribuidas irregularmente en el turno
Suplemento por interferencia	Tedâhül hissesi	Espera simultánea de intervención en varias máquinas

Estos suplementos no son una gracia, sino un derecho. Recortarlos vulnera el derecho del trabajador; añadirlos dos veces vulnera el del empleador. Como se verá en la parte de aplicación, en una ficha de tejeduría se detectó que el suplemento de descanso se había añadido dos veces y que, por ello, el tiempo se había inflado. El suplemento duplicado es un error de **tatfîf** que rompe la justicia.

En este contexto deben mencionarse también los tiempos de oración. En la organización de turnos, los tiempos reservados para la oración y la comida deben planificarse no como una pérdida de producción, sino como parte natural del trabajo. Teniendo en cuenta que los telares esperarán durante esos tiempos, la pérdida por interferencia puede minimizarse con una **organización rotativa de comidas y descansos**.

3.5 La composición del tiempo según REFA

REFA expresa el tiempo de un trabajo mediante una composición jerárquica:

$$T = tr + ta = tr + m \cdot te$$

Elemento	Otomano	REFA	Naturaleza
T	Sipariş vakti	Auftragszeit	Tiempo necesario para la totalidad de un pedido
tr	Tertîb vakti	Rüstzeit	Preparación y ajuste (cambio de artículo, montaje de plegador)
ta	İcrâ vakti	Ausführungszeit	Fabricación de toda la cantidad
m	Miktar	Menge	Cantidad a fabricar
te	Birim vakti	Zeit je Einheit	Tiempo por unidad
tg	Esas vakit	Grundzeit	Tiempo de trabajo efectivo (tiempo básico)
ter	İstirahat vakti	Erholungszeit	Suplemento de recuperación
tv	Tevzî vakti	Verteilzeit	Tiempos dispersos y ocasionales

$$te = tg + ter + tv$$

3.6 Muestreo del trabajo (Tesadüfî Nazar)

En trabajos largos e irregulares no es posible medir cada instante con cronómetro. En el método de **tesadüfî nazar** (muestreo del trabajo) se registra qué hace el trabajador o la máquina en instantes

elegidos al azar. Las proporciones de los registros dan la distribución del tiempo entre actividades. Este método, desarrollado por L.H.C. Tippett en 1934 en la industria textil, es especialmente adecuado para las salas de tejeduría.

$$n = z^2 \cdot p \cdot (1 - p) / e^2$$

Aquí p es la proporción estimada de la actividad, e el margen de error aceptado y z el coeficiente del nivel de confianza (1,96 para el 95 %). En el formulario de muestreo preparado por el autor se utilizaron conjuntamente 200 marcas de tiempo aleatorias, categorías de actividad y el cálculo del número de observaciones.

La virtud ética del muestreo del trabajo es esta: como el trabajador no sabe que está siendo observado en un instante concreto, no acelera ni frena para aparentar. Así se obtiene un cuadro libre de *riyâ* (ostentación) y más cercano a la verdad.

3.7 Sistemas de tiempos predeterminados

Sistemas como **MTM** (Methods-Time Measurement), **MOST** (Maynard Operation Sequence Technique) y **Work-Factor** han tabulado de antemano los tiempos de los movimientos básicos. Una vez escritos los movimientos de un trabajo, el tiempo se suma a partir de la tabla; no hace falta cronómetro ni valoración de la actuación. Estos sistemas permiten diseñar el método antes de que comience el trabajo y reducen las disputas derivadas de diferencias de valoración. La unidad de tiempo en MTM es el TMU (1 TMU = 0,036 segundos); esta finura hace posible el cálculo de los micromovimientos.

3.8 Datos estándar y tiempos por fórmula

Los tiempos de trabajos del mismo tipo pueden convertirse en fórmulas dependientes de las variables del trabajo (ancho, largo, peso, revoluciones, denier). Así se calcula el tiempo sin medir por separado cada producto nuevo. Las cadenas dependientes de la densidad de trama, las revoluciones y la frecuencia de roturas en las fichas de tejeduría, y los pasos dependientes del dtex en las fichas de urdido, son ejemplos de este método.

3.9 La ficha estándar como documento

> *«¡Oh, creyentes! Cuando contraigáis una deuda por un plazo determinado, ponedla por escrito… No os canséis de escribirla hasta su vencimiento, sea pequeña o grande. Eso es más justo ante Allah, más firme para el testimonio y más adecuado para que no dudéis.»* **(al-Baqara, 2:282)**

La aleya más larga del Corán es una aleya de registro y documento. La ficha estándar es también un documento que pone por escrito los derechos recíprocos del trabajador y del empleador. Una buena ficha debe contener: supuestos (máquina, producto, revoluciones, densidad), tiempos y frecuencias de los elementos, suplementos, cálculo de interferencia, rendimiento, resultado de producción y plantilla, leyenda de colores y notas de método. Cada cifra de la ficha debe estar vinculada a su fuente y las constantes escritas a mano deben reducirse al mínimo. Una cifra fija es una cifra «huérfana» que con el tiempo se desliga de la realidad.

Capítulo Cuarto: Atención a Varias Máquinas, Interferencia y Plantilla

4.1 La relación hombre-máquina

En áreas como la tejeduría, el retorcido y la extrusión, un trabajador atiende a más de una máquina. Mientras la máquina funciona por sí sola, el trabajador está libre; cuando la máquina se detiene, espera la intervención del trabajador. La pregunta de a cuántas máquinas atenderá un trabajador es el equilibrio entre dos pérdidas opuestas: si se asignan pocas máquinas, el trabajador queda ocioso; si se asignan demasiadas, las máquinas esperan y el trabajador se desgasta.

La determinación de plantilla se basa en dos fundamentos: la «carga» (Zeitbedarf) y la «necesidad de presencia» (Besetzung). En algunos trabajos, aunque la carga del trabajador sea baja, es obligatorio que esté presente junto a la máquina. Como se verá en la aplicación de urdido seccional, la restricción determinante puede no ser el contenido de trabajo, sino la necesidad de presencia.

4.2 Teorías de la interferencia

La espera simultánea de intervención de varias máquinas se denomina **tedâhül** (interferencia). Para calcular la pérdida por interferencia, investigadores como Wright, Ashcroft y Dale-Jones desarrollaron teorías. La fórmula cerrada de Ashcroft, de base binomial, es:

$$F(N, p) = [\, N \cdot p - 1 + (1 - p)^{N} \,] \,/\, N \times 100$$

Aquí N es el número de máquinas que atiende el trabajador y p la probabilidad de que una máquina requiera intervención. La tabla de Dale-Jones contiene valores empíricos calculados por método estocástico y es una función bidimensional de la carga de trabajo (Zs) y del número de máquinas. Al leer valores intermedios de la tabla debe hacerse interpolación lineal bidimensional (bilineal). En la práctica se ha observado que una tabla construida con aproximación binomial se desvía hasta cinco veces de los valores reales en algunos intervalos.

4.3 Distancia de recorrido (Seyr)

La distancia que recorre el trabajador entre las máquinas es una parte importante de la carga de trabajo. En un grupo de telares dispuestos en pasillo, la distancia media de recorrido se calcula con la fórmula:

$$D = [\, N / (2N - 1) \,] \cdot V + [\, (2/3) \cdot (N^{2} - 1) / (2N - 1) \,] \cdot U$$

Aquí N es el número de máquinas de un lado, V el ancho del pasillo y U la distancia longitudinal entre máquinas. En las máquinas circulares se añaden además el recorrido perimetral (dependiente del diámetro del círculo de peine) y el recorrido a lo largo de la fileta (estantería de bobinas). Los supuestos de 20 m/min para el recorrido cargado y 40 m/min para el recorrido en vacío son los estándares de la práctica.

Las mediciones con podómetro dan a menudo un número de pasos mucho mayor que la fórmula. Esta diferencia no es un error, sino una diferencia de alcance: la fórmula mide solo el recorrido intencionado; el podómetro, todo el movimiento. El *muhtesib* debe saber qué pesa cada una de las dos balanzas.

4.4 Los tres métodos para determinar la plantilla

- **Método de necesidad de tiempo:** carga total de trabajo (minutos) ÷ tiempo aprovechable del trabajador. El resultado puede ser fraccionario.
- **Método de ratio de atención:** número de máquinas ÷ número de máquinas que puede atender un trabajador (según la ficha estándar).
- **Método de necesidad de presencia:** número mínimo de trabajadores que debe estar presente en cada turno.

Los resultados de estos tres métodos se colocan lado a lado y se determina cuál es el restrictivo. La plantilla normativa se obtiene añadiendo a la necesidad del estudio una reserva razonable (vacaciones, enfermedad, absentismo).

4.5 Análisis marginal y el menor de dos males

A medida que aumenta el número de máquinas por trabajador, baja el gasto salarial, pero aumenta la pérdida por interferencia. El análisis marginal compara el ahorro que produce quitar un trabajador con el valor de la producción perdida por ello. La máxima de la Mecelle «Se elige el menor de dos males» (art. 29) se aplica aquí directamente: de dos daños se prefiere el menor.

En la práctica, en una sala de tejeduría de 138 telares se compararon siete disposiciones entre 12 y 24 telares/trabajador; en la disposición de 12 telares/trabajador se observó que la pérdida de producción por cada trabajador eliminado era aproximadamente **70 veces** mayor que el ahorro salarial. Este resultado demuestra que el pilar de la capacidad y el pilar de la economía dan el mismo veredicto: la carga justa es la carga más rentable.

4.6 Confiar los depósitos a quienes corresponden

> *«Allah os ordena que confiéis los depósitos a quienes corresponden y que, cuando juzguéis entre la gente, juzguéis con justicia.»* **(an-Nisâ, 4:58)**

La plantilla no es solo un número, sino un depósito confiado (*emânet*). La seguridad de la máquina, del producto y del trabajador depende de asignar el número correcto de trabajadores, con la competencia correcta, al lugar correcto. El exceso de plantilla lleva a la ociosidad y al derroche salarial; la falta de plantilla, a la sobrecarga, a los accidentes y al daño a la calidad. Analizar periódicamente las diferencias entre necesidad del estudio, plantilla normativa y plantilla real es la supervisión de este depósito.

Capítulo Quinto: Tasarruf Usûlü (Producción Esbelta)

5.1 Origen y naturaleza

El término «producción esbelta» (*lean production*) se difundió con la obra «La máquina que cambió el mundo», publicada en 1990, y tiene su base en el Sistema de Producción Toyota. Este sistema, desarrollado por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, divide todas las actividades en las que «añaden valor para el cliente» y las que «no lo añaden», y se propone eliminar las segundas. En este tratado, la producción esbelta se denominará, conforme a su sentido, **tasarruf usûlü** (método de la economía).

La armonía del método esbelto con la ética islámica es asombrosa. La prohibición del derroche, la obligación de agradecer las gracias, el elogio de la constancia en la obra y el mandato de facilitar expusieron siglos antes todos los principios del pensamiento esbelto.

5.2 Los cinco principios del método esbelto

Principio	Otomano	Naturaleza	Fundamento islámico
Value	Kıymet	Definir el valor desde los ojos del cliente	«Quien nos engaña no es de los nuestros.» (Muslim, Îmân)
Value Stream	Kıymet cereyânı	Ver todos los pasos por los que fluye el valor	«No sigas aquello que no conoces.» (al-Isrâ 36)
Flow	Cereyân	Que el material fluya sin esperar	«Cuando termines una tarea, dedícate a otra.» (al-Inshirâh 7)
Pull	Talep üzerine çekme	Fabricar solo lo necesario y cuando se necesita	Término medio (al-Furqân 67)
Perfection	Kemâl	Avanzar hacia la perfección con mejora continua	*İhsân* (Muslim, Sayd 57)

5.3 Las tres calamidades: Muda, Mura, Muri

El sistema Toyota divide las pérdidas en tres clases. Cada una corresponde a una prohibición distinta en la ética islámica:

Japonés	Otomano	Naturaleza	Correlato islámico
Muda	İsrâf	Toda actividad que no añade valor	al-A'râf 31, al-Isrâ 26-27
Mura	Adem-i muvazene (desorden)	Desequilibrio de la carga y del flujo	ar-Rahmân 7-9 (mîzân)
Muri	Tahmîl-i mâlâyutâk	Carga superior a la capacidad de personas y máquinas	al-Baqara 286; Bujârî, Îmân 22

Tahmîl-i mâlâyutâk significa «imponer lo que no se puede soportar» y es un término consolidado de la teología y del derecho islámicos. Es difícil encontrar una expresión que exprese mejor el concepto de «muri» de Toyota. Debe advertirse que estas tres calamidades se engendran entre sí: el desorden (mura) lleva en algunos días a la sobrecarga (muri), y la sobrecarga lleva a errores y derroche (muda). Por eso la mejora suele empezar por el equilibrio.

5.4 Los ocho despilfarros

Ohno enumeró siete despilfarros; más tarde se añadió como octavo el desaprovechamiento del talento humano:

Despilfarro	Otomano	Ejemplo en la fábrica	Prueba
Sobreproducción	Fazla istihsâl	Tejer piezas sin pedido, acumular plegadores	«No despilfarres.» (al-Isrâ 26)
Espera	Tevakkuf	El telar esperando al trabajador tras una rotura	«Dos gracias en que se engaña: salud y tiempo.» (Bujârî, Riqâq 1)
Transporte	Nakliye	Viajes de carretilla innecesarios, almacén lejano	Abandonar lo inútil (Tirmidhî, Zuhd 11)
Sobreprocesamiento	Fazla amel	Precisión no pedida por el cliente, controles duplicados	Término medio (al-Furqân 67)
Inventario	Fazla mevcûdât	Materia prima y semielaborados inmóviles	No dejar ocioso el bien, depósito (an-Nisâ 58)
Movimiento	Lüzumsuz hareket	Buscar herramientas, agacharse, estirarse	Cuenta del átomo (az-Zalzala 7-8)
Defectos	Kusurlu mamul	Desperdicio, merma, reparación	«Quien nos engaña no es de los nuestros.» (Muslim)
Talento desaprovechado	İstidadın ihmali	No pedir la opinión del trabajador	Consulta (ash-Shûrâ 38)

5.5 Las cinco T (5S): Tefrîk, Tertîb, Tathîr, Tevhîd, Terbiye

El método japonés de organización del lugar de trabajo, cuyas cinco palabras comienzan por S, puede expresarse casualmente en turco otomano con cinco palabras que comienzan por T:

Japonés	Otomano	Naturaleza
Seiri	Tefrîk (Clasificar)	Separar lo necesario de lo innecesario y retirar lo innecesario
Seiton	Tertîb (Ordenar)	«Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar»
Seiso	Tathîr (Limpiar)	Limpiar e inspeccionar mientras se limpia
Seiketsu	Tevhîd-i usûl (Estandarizar)	Someter los tres primeros pasos a la misma regla para todos
Shitsuke	Terbiye ve istikrâr (Disciplina)	Convertir la regla en hábito

> *«La pureza es la mitad de la fe.»* **(Muslim, Tahâra 1)**

Para un musulmán, la *tathîr* (limpieza) no es solo un método del lugar de trabajo, sino una condición del culto. Antes de la oración se exige la limpieza del cuerpo, de la ropa y del lugar. Esta conciencia ofrece el fundamento espiritual más sólido para la aplicación de las 5T. Durante la limpieza se detectan fugas de aceite, tornillos flojos o desgaste en la máquina; así, la *tathîr* es también una inspección.

5.6 Kaizen: Terakkî-i Tedrîcî (Mejora continua)

> *«La obra más amada por Allah es la constante, aunque sea poca.»* **(Bujârî, Riqâq 18; Muslim, Salât al-Musâfirîn 218)**

> *«Allah no cambia la situación de un pueblo hasta que este no cambia lo que hay en sí mismo.»* **(ar-Ra'd, 13:11)**

Kaizen significa mejoras pequeñas pero continuas. En lugar de saltos grandes y escasos, cada día se da un pequeño paso. El hadiz citado expresa literalmente el espíritu del kaizen: lo poco pero constante es mejor que lo mucho pero intermitente. La aleya de la sura ar-Ra'd indica que la mejora no ha de esperarse de fuera, sino que empieza cuando la sociedad (y la empresa) cambia su propia situación.

El kaizen tiene dos formas de aplicación: propuestas de mejora diarias, pequeñas y con participación de todos; y el **evento kaizen**, intensivo, que dura varios días en un área determinada. En ambas es fundamental registrar y evaluar la propuesta de mejora y reconocer a su autor.

5.7 PDCA: Tedbîr, İcrâ, Muâyene, İslâh

Deming	Otomano	Naturaleza
Plan	Tedbîr	Definir el problema, hallar su causa, diseñar la solución
Do	İcrâ	Probar la solución a pequeña escala
Check	Muâyene	Comparar el resultado con el objetivo
Act	İslâh ve tevhîd	Si tiene éxito, estandarizar; si no, volver a planificar

> *«Él es quien creó siete cielos superpuestos. No verás desproporción alguna en la creación del Misericordioso. Vuelve la mirada: ¿ves alguna grieta? Luego vuelve la mirada una y otra vez.»* **(al-Mulk, 67:3-4)**

El mandato «vuelve a mirar una y otra vez» indica que la inspección no debe ser única, sino cíclica. El ciclo PDCA es también un ciclo sin fin.

5.8 Mukannen Amel (Trabajo estandarizado)

El trabajo estandarizado es la puesta por escrito del mejor método conocido hoy. Tiene tres elementos: el **tiempo takt**, la **secuencia de trabajo** y el **inventario estándar en proceso**. En palabras célebres de Ohno, sin estándar no hay kaizen, porque solo puede medirse lo que se ha mejorado en relación con una referencia.

La máxima de la Mecelle «La costumbre es árbitro» (art. 36) expresa que el método probado se toma como árbitro; la máxima «No puede negarse que las normas cambian con el cambio de los tiempos» (art. 39), que el estándar debe renovarse cuando cambian las condiciones. El estándar no es ni una regla congelada ni una recomendación que cambia a capricho; se establece con pruebas y cambia con pruebas.

5.9 Tiempo takt y equilibrado de líneas

El **nabız vakti** (tiempo takt) es el ritmo de la demanda del cliente: indica cada cuántos minutos debe salir un producto de la línea.

$$\text{Tiempo takt} = \text{Tiempo de producción disponible} \div \text{Demanda del cliente}$$

El **equilibrado de líneas** es la distribución de las tareas entre estaciones de modo que la carga de ninguna estación supere el tiempo takt y los huecos entre estaciones sean mínimos.

$$\text{Eficiencia de equilibrado} = \Sigma\, t_i \div (\, m \times C\,) \times 100$$

Aquí t_i son los tiempos de las tareas, m el número de estaciones y C el tiempo de ciclo. El diagrama **Yamazumi** (apilado de carga) muestra la carga de cada estación como columnas apiladas; la columna que sobrepasa la línea del takt es señal de *tahmîl-i mâlâyutâk*, y la que queda muy por debajo, de ociosidad.

> *«El creyente es para el creyente como un edificio cuyas partes se sostienen mutuamente.»*
> **(Bujârî, Mazâlim 5)**

Una línea equilibrada se parece a un edificio cuyas partes se sostienen. La sobrecarga de una estación altera el pulso de toda la línea.

La disposición celular (célula en U) consiste en colocar las máquinas según la secuencia de trabajo de modo que el trabajador pueda atender varias estaciones con recorridos cortos. Esta disposición reduce el despilfarro de transporte y movimiento y permite aumentar o reducir con flexibilidad el número de trabajadores de la célula según cambie la demanda.

5.10 Mapa de la cadena de valor (VSM)

El mapa de la cadena de valor muestra en una sola página todo el flujo de material e información, desde la entrada de la materia prima en el almacén hasta la expedición del producto. Para cada paso se anotan el tiempo de ciclo, el tiempo de preparación, la disponibilidad, el número de trabajadores y el inventario intermedio. La línea de tiempo en la parte inferior del mapa compara el tiempo que añade valor con el tiempo total de paso. En la mayoría de las fábricas, el tiempo que añade valor no supera un pequeño porcentaje del total; el resto es espera e inventario.

Primero se dibuja el **mapa del estado actual** y después el **mapa del estado futuro**, libre de despilfarros, y el camino entre ambos se vincula a un plan de mejora. Conforme al mandato de al-Isrâ «no sigas aquello que no conoces», este método exige ver todo el cuadro antes de empezar a mejorar.

5.11 Justo a tiempo (JIT), sistema pull y kanban

El **vaktinde tedârik** (Just-in-Time) es la fabricación y entrega del material necesario, en la cantidad necesaria y en el momento necesario. Elimina el capital ocioso acumulado en inventario y la obsolescencia. En el **sistema pull**, la estación siguiente extrae de la anterior lo que necesita; la anterior fabrica solo lo que se ha extraído.

El **kanban** (tarjeta de señal) es la señal de esa extracción. Cuando un contenedor se vacía, la tarjeta vuelve a la estación anterior y se convierte en una nueva orden de fabricación. El número de kanbans se calcula a partir de la demanda, el plazo de aprovisionamiento y el inventario de seguridad. El **e-kanban** da esta señal mediante ordenador, notificación del lector y correo electrónico.

$$\text{Nº de kanbans} = [\,\text{Demanda} \times \text{Plazo de aprovisionamiento} \times (1 + \text{Coef. de seguridad})\,] \div \text{Cantidad por contenedor}$$

En el almacén, la regla de **primero en entrar, primero en salir** (FIFO) evita el envejecimiento y la pérdida del material. Es la aplicación directa de los principios de custodiar el depósito y no desperdiciar la gracia.

5.12 Nivelación de la producción (Heijunka)

Heijunka es la distribución uniforme de la producción tanto en cantidad como en variedad. En lugar de fabricar un día A y otro día B en grandes lotes, se sigue una secuencia mezclada de lotes

pequeños. Así se elimina la mura (desorden) y se reducen el inventario y la sobrecarga. En tejeduría, planificar los cambios de artículo de forma equilibrada con la preparación del urdido y el suministro de plegadores es la aplicación de la nivelación.

5.13 Jidoka, Andon y Poka-Yoke

Jidoka: autonomatización

Jidoka significa que, cuando ocurre un error, la máquina se detiene por sí sola y no sigue fabricando producto defectuoso. Su origen es el telar de Sakichi Toyoda, que se detenía automáticamente al romperse el hilo. Hoy, los paraurdimbres y paratramas de los telares son el ejemplo más antiguo y extendido del jidoka.

Andon: señal de alerta

Andon es la luz o señal que se activa cuando surge un problema en una estación. El propósito no es ocultar el problema, sino hacerlo visible de inmediato y pedir ayuda. Es la forma industrial de la cultura del consejo sincero (*nasîha*).

> *«La religión es consejo sincero.»* **(Muslim, Îmân 95)**

Poka-Yoke: dispositivos a prueba de errores

El poka-yoke, desarrollado por Shigeo Shingo, consiste en dispositivos sencillos que hacen físicamente imposible cometer el error o lo detectan de inmediato: piezas que no pueden montarse al revés, prensas que no funcionan si falta una pieza, conexiones con código de colores.

> *«El creyente no es picado dos veces desde el mismo agujero.»* **(Bujârî, Adab 83)**

Este hadiz es el fundamento ético del poka-yoke y del análisis de causa raíz: si un error ha ocurrido una vez, deben tomarse medidas que hagan imposible su repetición. Cometer el mismo error por segunda vez es señal de negligencia.

5.14 SMED: rapidez en el cambio de herramienta

SMED (cambio de herramienta en un solo dígito de minutos) es la reducción del tiempo de preparación durante el cual la máquina está parada al pasar de un producto a otro. El método de Shingo tiene cuatro pasos:

- Registrar las actividades de preparación.
- Separar las actividades **internas** (que deben hacerse con la máquina parada) y **externas** (que pueden hacerse con la máquina en marcha).
- Convertir en lo posible las internas en externas (preparar de antemano).
- Simplificar todas las restantes (conexiones rápidas, fijaciones sin ajuste, trabajo en paralelo).

El cambio de plegador en tejeduría, el cambio de artículo y de color en la extrusora y el cambio de partida en el urdido son ejemplos típicos de tiempo de preparación. Inversiones como la anudadora de urdimbre se amortizan en poco tiempo al acortar el tiempo de preparación.

5.15 TPM y Eficiencia General de los Equipos (OEE)

> *«Ata primero tu camello y luego confía en Allah.»* **(Tirmidhî, Qiyâma 60)**

El **mantenimiento productivo total** (TPM) se basa en prevenir la avería en lugar de esperarla. Tiene ocho pilares: mantenimiento autónomo (el trabajador cuida su propia máquina),

mantenimiento planificado, mejora enfocada, mantenimiento de la calidad, formación, gestión temprana de equipos, TPM en áreas administrativas y seguridad-salud-medio ambiente. Así como confiar en Allah sin atar el camello es pereza, descuidar el mantenimiento esperando que la máquina funcione es negligencia.

El rendimiento real de la máquina se mide con la **Eficiencia General de los Equipos** (OEE):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento de velocidad} \times \text{Tasa de calidad}$$

- **Disponibilidad:** proporción del tiempo planificado en que la máquina funciona realmente (aquí se descuentan las pérdidas por avería y preparación).
- **Rendimiento de velocidad:** proporción de la cantidad fabricada en el tiempo de funcionamiento respecto a la velocidad estándar (aquí se descuentan las microparadas y la marcha lenta).
- **Tasa de calidad:** proporción de producto conforme respecto al total (aquí se descuentan el desperdicio y la reparación).

Estos tres factores hacen visibles por separado cada una de las conocidas «seis grandes pérdidas»: averías, preparaciones, microparadas, velocidad reducida, mermas de arranque y mermas de producción.

5.16 Gestión visual (Nazarî İdare)

La gestión visual consiste en que la situación del taller se entienda de un vistazo: líneas de pasillo y de zona en el suelo, etiquetas de dirección en estanterías, paneles de sombras, tarjetas kanban de colores, tableros de seguimiento de la producción y luces andon son sus herramientas. En los archivos de cálculo que prepara el ingeniero rige la misma regla: si las celdas de entrada manual se muestran en un color, las de fórmula en otro y los valores de referencia en otro distinto, la lógica del archivo se entiende de un vistazo y se evita intervenir en la celda equivocada.

5.17 Ver en el lugar (Gemba)

Gemba significa «el lugar real», es decir, el sitio donde se hace efectivamente el trabajo. **Genchi genbutsu** es la máxima de «ve y míralo por ti mismo». Las decisiones no se toman mirando informes desde la mesa, sino bajando al taller y viendo en su sitio la máquina, el material y al trabajador.

El ejemplo más bello de ello es que el Profeta recorría personalmente el mercado. Al meter la mano en un montón de trigo y ver que la parte de abajo estaba húmeda, preguntó al vendedor la razón y le indicó que la parte húmeda debía ponerse encima, donde el cliente pudiera verla. Después dijo: «Quien nos engaña no es de los nuestros» (Muslim, Îmân 164). Este hadiz es el fundamento de la visita al gemba, de la inspección de calidad y de la transparencia.

5.18 Análisis de causa raíz (İllet Tahlili)

Los cinco porqués

Ante un problema, la pregunta «¿por qué?» se formula unas cinco veces, hasta llegar de la causa aparente a la causa real (*illet*, causa raíz). Eliminar la causa aparente encubre el problema temporalmente; eliminar la causa raíz impide su repetición.

Diagrama de causas (Ishikawa)

El diagrama de espina de pescado de Kaoru Ishikawa agrupa las posibles causas de un resultado bajo encabezados principales. Los seis encabezados clásicos son: **personas, máquina, material, método, medición** y **entorno**. Bajo cada uno se escriben las posibles causas y se confirman con datos.

Regla de Pareto

La regla derivada de la observación de Vilfredo Pareto dice que la mayor parte de los resultados proceden de un número reducido de causas. Las causas de parada, los tipos de desperdicio o las quejas de clientes se ordenan de mayor a menor y la mejora empieza por la partida más grande. Esto significa no desperdiciar el escaso tiempo de ingeniería.

Informe A3

El informe A3 resume en una sola hoja A3 la definición del problema, su estado actual, el análisis de causa raíz, las soluciones, el plan de implantación y el seguimiento. Escribir de forma breve y concisa obliga a pensar tanto al que escribe como al que lee.

5.19 Despliegue de políticas (Hoshin Kanri) y consulta

> *«Consúltales en los asuntos. Y una vez que hayas decidido, confía en Allah.»* **(Âl 'Imrân, 3:159)**
>
> *«Sus asuntos se resuelven mediante consulta entre ellos.»* **(ash-Shûrâ, 42:38)**

El Hoshin Kanri es el despliegue escalonado de los objetivos anuales de la empresa desde la dirección hasta el taller, y la negociación de cada nivel de sus objetivos con el nivel superior mediante el método del «catchball» (pasarse la pelota). Esta negociación es la forma institucional del mandato islámico de la consulta (*istişâre*). Los círculos de calidad y los equipos kaizen son también vías para pedir la opinión del trabajador, es decir, para evitar el octavo despilfarro, el desaprovechamiento del talento. Tras la consulta se toma la decisión y se la respalda; esto concuerda con el mandato de confianza en Allah de la aleya.

5.20 Seis Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar

Seis Sigma pretende reducir la dispersión (variación) del proceso mediante métodos estadísticos. Un proceso de nivel seis sigma no da más de 3,4 defectos por millón. Su ciclo de aplicación se conoce como DMAIC:

DMAIC	Otomano	Naturaleza
Define	Tarif	Definir el problema, el cliente y el objetivo
Measure	Mesâha	Medir el desempeño actual y el sistema de medición
Analyze	Tahlil	Determinar la causa raíz con datos
Improve	Islâh	Diseñar y probar la solución
Control	Murâkabe	Mantener la ganancia, establecer control estadístico de procesos

La validación del propio sistema de medición (análisis de repetibilidad y reproducibilidad) equivale a «pesar la balanza». Que los *muhtesib* hicieran calibrar periódicamente los instrumentos de medida es el correlato histórico de este método.

5.21 Los límites éticos del método esbelto

Mal aplicado, el método esbelto puede convertirse en un instrumento de «recorte de plantilla». Imponer una carga superior a la capacidad del trabajador con el pretexto de eliminar el derroche contradice los propios principios del método esbelto, porque la muri (*tahmîl-i mâlâyutâk*) también es una pérdida. Uno de los dos pilares de Toyota es el «respeto por las personas». Desde el punto de vista islámico, el fin de eliminar el derroche no es desvalorizar el trabajo, sino orientarlo hacia tareas que añaden valor e impedir que se pierda la gracia. Que el trabajador liberado por la mejora sea reubicado en otra área, con formación, es exigencia de esta ética.

> *«Señor mío, aumenta mi conocimiento.»* **(Tâ-Hâ, 20:114)**

Capítulo Sexto: Defter-i Randıman — Ejemplos del archivo de una empresa

Este capítulo se basa en un fondo de conocimiento de 87 páginas compilado a partir del cuaderno manuscrito de rendimientos estándar llevado entre 1985 y 1992 en la unidad de valoración del trabajo y planificación de una empresa textil, y de la comunicación «Aplicaciones del Estudio del Trabajo» de la misma unidad, fechada en febrero de 1986. El cuaderno contiene los pasos de cálculo; la comunicación, la justificación de por qué esos cálculos se construyeron así. El equipo de estudio estaba formado por ocho analistas, tres ingenieros y un jefe.

La razón de incluir estos documentos en el tratado es esta: mostrar cómo los principios de *mîzân*, *itkân* e *iktisâd* expuestos teóricamente en los capítulos anteriores se aplicaban, cifra a cifra, en estas tierras hace cuarenta años; y demostrar que la ciencia se transmite por cadena. Las páginas de un cuaderno manuscrito son los antepasados de los archivos de cálculo de hoy.

> *«Y dicen: Perdona también a nuestros hermanos que nos precedieron.»* **(al-Hashr, 59:10)**

6.1 Tabla de términos (Glosario de conceptos)

Las definiciones de las páginas tercera y cuarta del cuaderno, junto con su correspondencia con las líneas del formulario, son:

Término	Definición	Correspondencia
Carga de trabajo	Suma de las tareas del trabajador en máquina parada y en marcha más una tolerancia del 10 %	Tiempo estándar de mano de obra / Período básico de trabajo
Período básico de trabajo	Tiempo teórico de máquina más las tareas en máquina parada con tolerancia del 10 %	9 + 31·(1+Zd)
Tiempo teórico de máquina	Tiempo necesario para que la máquina produzca 1 kg o 1000 unidades	línea 9
Tiempo estándar de máquina	Tareas en máquina parada + suplemento por paradas externas	línea 37
Rendimiento estándar	Rendimiento que el trabajador puede alcanzar en condiciones normales	Tiempo teórico máq. / Período estándar × 100
Rendimiento máximo	Máximo rendimiento alcanzado sin descansar y con ritmo superior al 100 %	Tiempo teórico máq. / Período mínimo × 100
Rendimiento de incentivo	Punto en que empieza la prima	Rnd. máx. ÷ 1,20 (en tejeduría)
Tiempo unitario	Tiempo necesario para que la máquina produzca una unidad	450 / (Rnd. incentivo × Producción teórica) × 100
Eficiencia	Proporción del tiempo estándar respecto al real; base de la prima	Producción × Tiempo unitario / Tiempo real × 100
Interferencia (Tedâhül)	Pérdida por solicitud simultánea de servicio de varias máquinas	De la tabla (Dale-Jones)
Factor de trabajo	Proporción del trabajo en máquina parada + en marcha respecto al período básico × nº de máquinas	n·(26+27)/9

Coeficientes fijos de tolerancia: **Zd = 10 %** (tolerancia de tiempo del trabajador, multiplicador 1,10), **Zş = 5 %** (tolerancia de tiempo de máquina, 1,05), **Zi = 15 %** (tolerancia de carga de la segunda parte, 1,15) y, con un factor de trabajo superior a 120, **2Zd = 20 %** (1,20). Estos coeficientes son la correspondencia numérica en esta empresa de los «suplementos necesarios»

explicados en el capítulo tercero: los suplementos no son arbitrarios, sino escritos y fijos; esta forma escrita es la garantía de la justicia.

6.2 El núcleo de cálculo: la columna vertebral invariable (Líneas 1-43)

Las secciones de Manuar, Mechera, Flyer, Continua de hilar, Bobinado, Bobinado de doblado y Peinado usan el mismo formulario. Al cambiar de máquina solo cambian los datos de identificación de las líneas 1-9 y la lista de elementos de las líneas 10-25; la cadena de cálculo de las líneas 26-43 permanece fija. Es la aplicación al diseño del formulario de la regla del **mukannen amel** (trabajo estandarizado) del capítulo quinto: se ha separado lo que cambia de lo que no.

Línea	Definición	Fórmula
9	Tiempo teórico de máquina	Unidad de producción / Velocidad de producción
26	Mano de obra en máquina parada	Tareas hechas con la máquina parada (P)
27	Mano de obra en máquina en marcha	Tareas hechas con la máquina funcionando
28	Paradas externas	Paradas independientes del trabajador
29	Nº de máquinas asignadas al trabajador	n
30	Recorrido para atender paradas	P·(n+1)·(distancia entre husos)/3 · 0,003
31	Mano de obra total en máquina parada	26 + 30
32	Período básico de trabajo	9 + 31·(1+Zd)
33	Tiempo estándar de mano de obra	n·(31+27)·(1+Zd)
34	Carga de trabajo %	(33/32)·100
35	Porcentaje de interferencia	De la tabla de Dale-Jones
36	Pérdida por interferencia	(35×32)/100
37	Período estándar de trabajo	(36 + 32 + 28)·(1+Zş)
38	Rendimiento estándar %	(9/37)·100
39	Factor de trabajo	n·(26+27)/9
40	Porcentaje de interferencia (2ª vuelta)	De la tabla
41	Pérdida por interferencia (2ª vuelta)	(40×32)/100
42	Período mínimo de trabajo	41 + 32 + 28
43	Rendimiento máximo %	(9/42)·100

Interferencia en dos vueltas. La cadena resuelve la interferencia dos veces: las líneas 34-38 dan el rendimiento estándar, que incluye la tolerancia de máquina del 5 %; las líneas 39-43, el rendimiento máximo sin tolerancia. El máximo debe ser siempre mayor que el estándar; si no lo es, significa que se han confundido 35 y 40. Esta regla es un **dispositivo a prueba de errores** (poka-yoke) incorporado en la propia ficha, es decir, un registro de seguridad que permite detectar el error por sí solo.

6.3 Distancia y tiempo de recorrido

El cuaderno registra que la única gran partida que no puede medirse con cronometraje es el recorrido, y la calcula con una fórmula empírica que se añade a la carga de trabajo:

$$d = n/(2n-1) \cdot V + (2/3) \cdot (n^2-1)/(2n-1) \cdot U$$

Aquí n es la mitad del número de telares que atiende el trabajador, V el pasillo a lo ancho del telar y U el pasillo a lo largo. Para el tiempo unitario de recorrido aparecen tres coeficientes diferentes: **0,025 min/m** en la comunicación, **0,03 min/m** en el anexo del cuaderno y **0,02 min/m** en la sección de tejeduría (suponiendo que una persona recorre 3000 metros en 60 minutos). Valores resueltos en la tabla anexa para V = 2,60 m y U = 6,50 m:

Nº de máquinas	d (m)	ty @0,03	ty @0,025
3	4,66	0,14 min	0,117 min
4	6,06	0,18 min	0,152 min
5	7,31	0,22 min	0,183 min
6	8,49	0,25 min	0,212 min

En la variante de tejeduría, para 6 telares, V = 2,39 y U = 3,85: d = 3/5 × 2,39 + 2/3 × 8/5 × 3,85 = 1,43 + 4,11 = **5,54 m**; ty = 5,54 × 0,02 = 0,11 min.

Una distinción importante: en la continua de hilar y en la mechera, como el trabajador se mueve en un solo sentido y recorre las máquinas por orden, el recorrido se calcula con la lógica de **servicio periódico** (ty = P × 0,015 / 10); en tejeduría, en cambio, como el trabajador va al telar parado más cercano, el movimiento se considera **aleatorio** y se aplica la fórmula d anterior. El uso de dos lógicas de recorrido distintas en la misma fábrica muestra que el método no se elige a ciegas, sino según la realidad.

6.4 Resolución de la interferencia con Dale-Jones

En el cuaderno, la interferencia se plantea con tres ecuaciones:

$$(1)\ \ A = Z(1-İ) + İ$$

$$(2)\ \ Z(1-İ) = [1 - (1-A)^n] / n$$

$$(3)\ \ İ = A - [1 - (1-A)^n] / n$$

A es la probabilidad de que una máquina solicite servicio en un instante cualquiera, Z la carga de trabajo, İ el porcentaje de interferencia y n el número de máquinas. El procedimiento es: se supone un valor de İ, se calcula A, se sustituye en la tercera ecuación y se obtiene İ; se repite hasta que el valor supuesto y el calculado coincidan. En la práctica no se hace esta iteración; los valores para diversas cargas y números de máquinas se han tabulado de antemano y las líneas 35 y 40 del formulario se leen directamente de la tabla. Ejemplos verificados con la ficha Savio: 24 husos / carga 46 % → interferencia 0,75 y 0,65; 48 husos / carga 92 % → 2,87 y 1,90.

6.5 Ejemplos de fichas de máquinas

Bobinadora Savio — ficha de 55 líneas

En esta ficha la unidad de tiempo es el **Hm** (centiminuto, 1/100 de minuto); si la ficha no se lee con esta unidad, el valor 484,2 de la línea 8 parece absurdo. Estado verificado de la cadena:

Línea	Descripción	Cálculo	Resultado
8	Tiempo de vaciado de husada	(22×1,693)×130/1000 ÷ 1000 ×100	484,2 Hm
20	Período básico de trabajo	14,18+484,2+13,5+0,99+0,05+0,84	513,76
21	Potencia útil	484,2/513,76×100	94,25 %
22	Producción teórica	1000×450/37,246	12.082 g
42	Tiempo normal de mano de obra	(29+32+35+38+41)	8,99

Línea	Descripción	Cálculo	Resultado
44	Husos asignables al trabajador	(20)/(43)	51,9
49	Período estándar (24 husos)	(513,76+3,85)×1,05	543,49
50	Rendimiento estándar (24 husos)	484,2/543,49×100	89,09 %
55	Rendimiento máximo (24 husos)	484,2/517,09×100	93,64 %

Al pasar a 48 husos, el rendimiento estándar baja a 87,25 %. Las dos columnas de la misma ficha responden con cifras a la pregunta «¿cuántos husos debe atender un trabajador?».

Autoconer

El tiempo de vaciado de husada se obtuvo con la fórmula (Ne × 1,693 × peso de husada) / (H12 × m/min): 1,61 para hilo 20/2, husada de 90 g y 950 m/min. La relación husada/bobina es 1700/90 = 18,89. El tiempo de vuelta del robot se calcula interpolando dos tablas, y el tiempo de espera con el coeficiente k = 10,83, obtenido estableciendo una proporción entre el valor conocido 85,56 para 10 y el valor conocido 84,94 para 20. En el cálculo de trabajadores por equipo se obtuvo 8720 min / 3 equipos = 2906 min/equipo; con 7 trabajadores la carga fue 92 y con 8, 81.

Tejeduría

Para un telar de 135 rpm, la unidad de producción es 135 × 60 / 1000 = 8,1 miles de pasadas; las frecuencias de rotura se hallan relacionando la frecuencia por 100.000 pasadas con la unidad de producción. El tiempo de cambio de lanzadera y canilla se deriva del hilo de trama y del ancho del tejido: con hilo 2/40 pol/vis, longitud de canilla 1200 m y ancho de tejido 1,67, se obtiene 718,56; 8100/718,56 = **11,27**. Cuando la carga supera 120 se aplica una corrección aparte. Según el formulario del 3 de mayo de 1988 (4×4 automático, sarga), el rendimiento máximo es 70,08 %.

Tejido de punto

Para las máquinas Maxi Pile, Wildman Jacquard y Sulzer Morat se usan coeficientes distintos de producción real (respectivamente diferencia de contador × 0,28; × 3,2; × sistemas/densidad). Ejemplos verificados: en Wildman 86,720/112,704 = 76,94 %; en Maxi Pile 34,720/44,308 = 78,36 %. La regla que establece el cuaderno es: **los rendimientos se calculan por separado según el número de sistemas de la máquina; ni siquiera en la misma sala se toma un rendimiento medio único.** Es una precaución contra que la media oculte la verdad.

Tara de canillas

Es un método de pesaje sencillo pero instructivo: se pesa el cubo vacío (1980 g), se introducen 100 canillas de cada color y se pesa (7165 g), y la diferencia se divide entre 100: (7165 − 1980)/100 = **51,9 g/canilla**. Para 440 canillas, 22,8 ≈ 23 kg. Es una aplicación directa del *mîzân*: un error en la pesada estropea todo el cálculo de existencias y mermas.

Estudio de plantilla de cargadores de baterías

Mediante un estudio de seis elementos se obtuvo un total de 60,30 minutos por 1000 canillas; partiendo de una necesidad diaria de 144.614 canillas se calculó 144.614 × 60,30 / 1000 = **8720 min/día** de mano de obra de carga de baterías. El procedimiento del estudio de plantilla tiene tres pasos: identificación de elementos, medición de tiempos y obtención de frecuencias.

Unidad de fotocopias — plantilla de cuello blanco

Se midió la ocupación de una unidad de fotocopias con diez máquinas: media diaria = total de copias / número de días; ocupación % = media diaria / (540 × 2) × 100. Para la primera máquina, 1192/8 = 149 y 149/1080 = **13,8 %**. Es el único ejemplo de plantilla administrativa del cuaderno y muestra que el estudio del trabajo no es exclusivo del puesto de máquina.

6.6 La cadena del salario con incentivos

El sistema se basa en la eficiencia temporal: **Eficiencia = Tiempo estándar / Tiempo real.** La cadena completa es:

- Producción teórica → cantidad que fabricaría la máquina sin detenerse nunca.
- Producción estándar = Producción teórica × Rnd. estándar / 100.
- Producción máxima = Producción teórica × Rnd. máximo / 100.
- Rendimiento de incentivo = Rendimiento máximo ÷ 1,20 (tejeduría) o ÷ 1,163 (continua de hilar).
- Tiempo unitario = 450 × 100 / (Rendimiento de incentivo × Producción teórica).
- Eficiencia = Producción × Tiempo unitario / Tiempo real × 100 — base de la prima que percibirá el trabajador.

Ejemplo verificado de tejeduría: producción teórica 450 × 220 × 8 / 1000 = 792; rendimiento de incentivo 98,72/1,20 = 82,26; tiempo unitario 450/(82,26×792)×100 = **0,69**; eficiencia 2000 × 0,69 / 1350 × 100 = **102**.

La importancia ética de esta cadena es grande: la prima no es una gracia arbitraria, sino la contrapartida de un derecho medido. La condición de que el salario sea *ma'lûm* (capítulo primero, sección sobre la *icâre*) solo se cumple con una cadena así. El trabajador sabe de antemano cuánto recibirá según cuánto trabaje.

> *«El ser humano no obtendrá sino aquello por lo que se esfuerza.»* **(an-Najm, 53:39)**

6.7 Asignación óptima de husos: dar de más también es pérdida

El hallazgo más fuerte de la comunicación es que el punto óptimo de asignación máquina/trabajador no es fijo y se desplaza con la velocidad de la máquina. Para hilo 20/1:

Husos / trabajador	700 m/min — Rnd. est.	Prod. estándar (kg)	800 m/min — Rnd. est.	Prod. estándar (kg)
20	83,67 %	155	79,31 %	169
24	74,98 %	167	62,67 %	160
25	70,80 %	164	59,07 %	157
30	56,45 %	157	46,49 %	150

A 700 m/min el óptimo es 24 husos; a partir de ese punto, la contribución de los husos adicionales a la producción es **negativa**. Al subir a 800 m/min, el óptimo se desplaza a 20 husos. Es decir, a medida que la máquina se acelera, los husos asignados al trabajador deben **disminuir**. Las variables que desplazan el punto óptimo son las frecuencias de rotura, el número del hilo, las revoluciones y los pesos de husadas y bobinas; como no son fijas, no pueden seguirse sin estudio del trabajo.

Esta tabla es la demostración, cuarenta años antes, del análisis marginal del capítulo cuarto, y confirma con cifras la máxima de la Mecelle «No puede negarse que las normas cambian con el cambio de los tiempos» (art. 39): si cambia la máquina, cambia también la norma de plantilla.

6.8 Plantilla: asignar de menos también reduce la eficiencia

La segunda tesis de la comunicación es esta: todos saben que asignar más trabajadores de los necesarios reduce la eficiencia; lo que pasa desapercibido es que **asignar menos de los necesarios a veces reduce la eficiencia más que asignar de más**. Ejemplo de una línea de siete estaciones:

Nº de trabajadores	Tiempo de ciclo	Producción diaria	Por trabajador
13 trabajadores	0,55 min	450/0,55 = 818 unidades	63 unidades
12 trabajadores	0,67 min	450/0,67 = 672 unidades	56 unidades

Quitar un trabajador redujo la producción por trabajador de 63 a 56 y causó una pérdida de 146 unidades diarias. Es el mismo resultado que el **equilibrado de líneas** del capítulo quinto y el análisis marginal del capítulo cuarto: retirar un trabajador de la estación cuello de botella altera el pulso de toda la línea. La unidad del hadiz «el creyente es para el creyente como un edificio cuyas partes se sostienen mutuamente» rige también en la línea.

6.9 Aplicación del muestreo del trabajo en cuello blanco

Como el cronometraje resultaba insuficiente en las unidades administrativas, se utilizó el muestreo del trabajo. En la dirección de contabilidad, de 18.444 observaciones, en 14.141 (77 %) se estaba realizando una tarea de la descripción del puesto y en 4.303 (23 %) no. Para un 95 % de confianza se calculó el número necesario de observaciones n = 1600 × (1 − 0,23)/0,23 = **5356**; como las observaciones realizadas lo superaban, el resultado se consideró suficiente.

El cuaderno divide también los estudios en dos: **estudios continuos** (estudios de tiempos y frecuencias para el salario con incentivos, estudios de plantilla para el presupuesto) y **estudios por necesidad** (en su mayoría estudios de métodos). Para los segundos, el indicador de punto caliente que da es notable: **un aumento repentino en las tablas de horas extraordinarias y trabajo de fin de semana** señala en qué unidad debe hacerse el estudio. Es la forma administrativa de la gestión visual del capítulo quinto.

6.10 Ejemplos de estudio de métodos

Uno — Eliminación del almacenamiento intermedio en el transporte de bobinas

La bobina que salía de la hilatura se descargaba primero temporalmente en el almacén y luego se volvía a cargar en carros; solo esa carga la hacían cuatro trabajadores. Aumentando el número de carros y colocando el hilo directamente en ellos se eliminó el almacenamiento temporal; los trabajadores de carga pasaron **de 4 a 2** y se evitó además la deformación de las bobinas durante el trasvase. Es la eliminación conjunta del primer paso de ECRS, la **eliminación** (*ilgâ*), y de los despilfarros de «exceso de inventario y transporte innecesario».

Dos — Modificación del guíahilos

Durante el cambio de mudada, debido a la forma del guíahilos, el hilo se salía de su sitio y los trabajadores dedicaban 1,75 minutos a corregirlo. En una sección con 150 mudadas diarias esto suponía 1,75 × 4 × 150 = **1050 min/día de mano de obra** y 1,75 × 150 = **263 min/día de parada de máquina**. Se modificó la forma del guíahilos de modo que fuera totalmente imposible que el hilo se saliera, y ambos costes quedaron en cero.

Este ejemplo es la forma más pura del **dispositivo a prueba de errores** (poka-yoke) del capítulo quinto: la posibilidad de error no se eliminó advirtiendo al trabajador, sino cambiando la forma de

la pieza. Es también el camino preferido por el hadiz «el creyente no es picado dos veces desde el mismo agujero».

Tres — Mejora del método de mudada con el diagrama de flujo de grupo

En el estudio realizado con el diagrama de flujo de trabajo en grupo, el método actual tenía 17 operaciones y 4 trabajadores; en el método propuesto las operaciones subieron a 26 y los trabajadores a 6; sin embargo, al realizarse las tareas en paralelo, la parada de máquina se acortó y se logró en definitiva un **ahorro de 15 trabajadores**. Que se obtuviera ahorro aunque el tiempo total pasara de 8,61 a 11,07 minutos muestra que «acortar el tiempo total» y «acortar el cuello de botella» son cosas distintas.

Merece registrarse también la nota que el cuaderno añade a este punto: este trabajo no comenzó para estudiar los guíahilos, sino con el fin de estudiar el método de los mudadores. **Que el estudio de métodos resuelva problemas también fuera del objetivo con que se emprendió es uno de sus aspectos más positivos.**

6.11 El dossier de ahorro energético: el sentido amplio del derroche

En la primera mitad de 1985, el ámbito de la unidad de estudio del trabajo se amplió de la eficiencia de la mano de obra a la energía. Algunas de las aplicaciones del dossier (precios en liras turcas de la época):

Aplicación	Inversión	Ahorro	Amortización
Recuperación de calor en blanqueo (4 intercambiadores)	1.000.000	3.000.000/mes	10 días
Recuperación del agua de refrigeración de la caldera de cocción	300.000	421.000/mes	15 días
Cierre automático del agua al parar la máquina	70.000	60.000/mes	1,1 meses
Recuperación del agua de refrigeración de caldera + condensados	1.000.000	1.392.000/mes	0,7 meses
Dispositivo de control del volumen de vapor	2.000.000	600.000/mes	3,3 meses

Además, con aplicaciones como la supresión de los prelavados, el paso al centrifugado y la fijación del ancho de la rama, se registró un ahorro anual superior a 55 millones de liras. La recuperación del agua, el vapor y el calor es aplicación directa de la prohibición del despilfarro de la sura al-Isrâ y del hadiz que manda evitar el derroche incluso a la orilla de un río. El derroche no debe buscarse solo en el trabajo humano, sino también en el agua, el calor y el combustible.

6.12 Validación cruzada: el registro del ihtisâb

Al preparar el fondo de conocimiento, cada cadena numérica se recalculó de forma independiente y se comparó con el resultado del cuaderno. Los resultados se dividen en tres grupos: verificados, corregidos y pendientes de confirmación. Esta clasificación es exactamente un acta de *muhtesib*.

Ejemplos verificados

Fuente	Control	Cálculo	Resultado
Savio lín. 50	Rendimiento estándar	484,2/543,49×100	89,09 — igual que el cuaderno

Fuente	Control	Cálculo	Resultado
Tejeduría p. 7	Tiempo unitario	450/(82,26×792)×100	0,690 — exacto
Tejeduría p. 6	Recorrido 6 telares	3/5×2,39 + 2/3×8/5×3,85	5,54 m — exacto
Punto p. 34	Rendimiento Wildman	86,720/112,704	76,94 — exacto
Canillas p. 32	Tara de canilla	(7165−1980)/100	51,85 ≈ 51,9 g
Fotocopias p. 36	Ocupación	149/1080×100	13,80 — exacto
Muestreo	Observaciones necesarias	1600×(1−0,23)/0,23	5357 ≈ 5356

Ejemplos corregidos

Fuente	En el cuaderno	Debería ser	Justificación
Savio lín. 35	0,75	0,35	(33)/(34) = 35,00/100; con 0,75 no cuadra el total de la línea 42
Savio lín. 53	9,26	9,76	(20×52)/100 = 9,76; solo así se obtiene la línea 54
Tejeduría p. 7	producción 200 pasadas	2000 unidades	Porque la producción teórica está en «miles de pasadas»
Unidades p. 1	1 okka = 1,282 g	1282 g	400 dirhem × 3,207 g = 1282,8 g; error de separador decimal
Punto p. 34	114×114,5×5×15/1100	114×14,5×5×15/1100	Tal como está escrito da 889,9; el resultado es 112,704

El error de la línea del *okka* es especialmente significativo: colocar mal una coma decimal multiplica por mil la unidad de medida. El *mîzân* depende del lugar de un punto. También se registraron por separado las cuestiones pendientes: si el divisor del rendimiento de incentivo cambiaba por sección o por período, en qué fecha el tiempo unitario de recorrido pasó de 0,03 a 0,025 y la causa física de la diferencia del 18 % / 15 % en la mechera no han podido deducirse de la fuente. **Registrar lo desconocido como desconocido es exigencia de la responsabilidad científica.**

> *«No sigas aquello de lo que no tienes conocimiento. Ciertamente, del oído, de la vista y del corazón, de todos ellos se pedirá cuenta.»* **(al-Isrâ, 17:36)**

6.13 Antiguas unidades de medida: la herencia del Mîzân

La primera página del cuaderno registró las antiguas unidades de medida que aún se usaban en aquella época. Esta tabla es especialmente valiosa para el tema del tratado, pues muestra la importancia que se daba a la unidad de medidas en la vida económica otomana:

Peso	Equivalencia	Longitud	Equivalencia
1 dirhem	4 denk = 3,207 g	1 arşın	68 cm
1 okka	400 dirhem = 1282 g	1 endaze	65 cm
1 tıl	2 okka = 2,564 kg	1 urup	85 cm
1 batman	60 okka = 7,692 kg	1 kulaç	1,89 m
1 kantar	44 okka = 56,408 kg	1 berit	227 m
1 çeki	176 okka = 225,632 kg	1 fersah	5.685 m
1 miskal	1,5 dirhem = 3,207 g	1 merhale	45.480 m

Estas eran las unidades que inspeccionaban los *muhtesib* en el mercado. La tela se medía en **arşın** y **endaze**; el hilo, en **okka**; y se promulgaban leyes de *ihtisâb* para que las medidas de cada ciudad

concordaran entre sí. Lo que hoy hacemos con el metro, el kilogramo y el minuto no es más que la continuación del mismo deber.

6.14 Reglas de uso del fondo de conocimiento

- Al calcular el rendimiento de una máquina, primero se abre el núcleo de cálculo y después se aplican las **desviaciones** de la ficha de esa máquina; en las fichas solo están escritas las diferencias.
- Los números de línea son los números impresos de los formularios y pueden variar de una sección a otra (en tejeduría el período básico es la línea 26; en hilatura, la 32). Debe atenderse a la definición, no al número.
- La unidad de tiempo varía según la sección: la ficha Savio usa Hm (centiminuto); los demás formularios, min/UP. **Si un resultado se desvía 100 veces, lo primero que debe comprobarse es la unidad.**
- La tabla de interferencia debe mantenerse en una hoja aparte y leerse con INDEX/MATCH; la carga de trabajo y el número de máquinas requieren una búsqueda bidimensional, y si la tabla se escribe a mano se confunden las líneas 35 y 40.

También se registró el código de colores usado al trasladar el fondo de conocimiento al archivo de cálculo, que es la aplicación en la mesa de trabajo de la gestión visual del capítulo quinto:

Color	Significado	Ejemplo
Amarillo	Celda de entrada manual	Tiempos de elementos, frecuencias, nº de husos/máquinas, coeficientes de tolerancia
Blanco / texto negro	Celda de fórmula	Cadena 26-43; aquí nunca se escribe una cifra a mano
Verde	Vínculo entre hojas	Líneas 35 y 40 extraídas de la tabla de interferencia
Azul	Valor de fuente / referencia	1,693 · 39,37 · 768 · 450 min · coeficientes de tolerancia

En definitiva, este fondo es la versión, recalculada y verificada con las fórmulas de hoy, de un cuaderno llevado a mano hace cuarenta años. Corregir el cálculo de los antepasados no es una falta de respeto hacia ellos, sino, al contrario, la continuación de su método; pues quienes llevaban el cuaderno también escribían cada línea comprobándola.

Capítulo Séptimo: Conclusión y Máximas

> *«El ser humano no obtendrá sino aquello por lo que se esfuerza. Y su esfuerzo será visto. Luego se le recompensará con la recompensa más completa.»* **(an-Najm, 53:39-41)**

El fin del estudio del trabajo es medir esta recompensa con equidad. El esfuerzo medido de menos es derecho del trabajador; el medido de más, derecho del empleador. El trabajo impuesto por encima de la capacidad es injusticia; el esfuerzo dejado ocioso y la máquina que espera son derroche. La pluma del ingeniero es la heredera de la balanza del mercado.

El contenido de este tratado puede resumirse en las diez máximas siguientes que debe seguir el analista del trabajo:

- **Niyet (Intención):** el fin del estudio es la justicia; ni recortar plantilla ni inflarla (Bujârî, Bad' al-Wahy 1).
- **Tahkik (Verificación):** no se emite juicio mientras una suposición no se confirme con datos (al-Hujurât 6).
- **Kayıt (Registro):** toda medida, supuesto y corrección se pone por escrito (al-Baqara 282).
- **Mîzân (Balanza):** el tiempo estándar se fija de modo que sea justo para ambas partes (ar-Rahmân 7-9).
- **Takat (Capacidad):** a ningún trabajador se le impone una carga que no pueda soportar (al-Baqara 286).
- **İktisâd (Economía):** toda actividad que no añade valor se cuestiona y, si es posible, se abandona (al-A'râf 31).
- **İtkân (Perfección):** el método se diseña de la forma más correcta y que menos lugar dé al error (Bayhaqî).
- **Devam (Constancia):** la mejora se hace con pasos pequeños pero continuos (Bujârî, Riqâq 18).
- **İstişâre (Consulta):** se pide la opinión del trabajador; el taller va antes que la mesa (ash-Shûrâ 38; Muslim, Îmân 164).
- **Tecdîd (Renovación):** cuando cambian las condiciones, también se renueva el estándar (Mecelle art. 39).

Vesselâm.

Anexo I: Glosario

Término otomano	Equivalente actual
Amel tetkiki	Estudio del trabajo
Usûl tetkiki	Estudio de métodos
Vakit mesâhası	Medición del trabajo, estudio de tiempos
Mikyâs-ı vakit	Tiempo estándar
Mikyâs kartı	Ficha de trabajo estándar
Muvakkit	Analista de tiempos (históricamente, funcionario que determinaba las horas)
Sür'at takdîri	Valoración de la actuación
İstirahat hissesi	Suplemento por descanso
Havâic-i zarûriyye hissesi	Suplemento por necesidades personales
Tevzî hissesi	Suplemento por tiempo disperso
Tertîb vakti	Tiempo de preparación / ajuste
İcrâ vakti	Tiempo de ejecución
Tesadüfî nazar	Muestreo del trabajo
Tedâhül	Interferencia
Seyr	Recorrido
Destgâh	Telar, máquina
Arış / Argaç	Urdimbre / Trama
Tevakkuf	Parada, espera
Telef, fire	Desperdicio, merma
Kadro-i amele	Plantilla normativa
Atâlet	Ociosidad, capacidad ociosa
Hudûdî tahlil	Análisis marginal
Tasarruf usûlü	Producción esbelta (lean)
İsrâf / Adem-i muvazene / Tahmîl-i mâlâyutâk	Muda / Mura / Muri
Tefrîk, Tertîb, Tathîr, Tevhîd, Terbiye	5S
Terakkî-i tedrîcî	Kaizen (mejora continua)
Tedbîr, İcrâ, Muâyene, İslâh	PDCA
Mukannen amel	Trabajo estandarizado
Nabız vakti	Tiempo takt
Hat muvazenesi	Equilibrado de líneas
Kıymet cereyânı haritası	Mapa de la cadena de valor (VSM)
Vaktinde tedârik	Justo a tiempo (JIT)
Alâmet levhası	Kanban
İstihsâlin tesviyesi	Heijunka
Hissî tevakkuf	Jidoka
İkaz feneri	Andon
Sehvin men'i tertibâtı	Poka-yoke
Kalıp tebdîlinde sür'at	SMED
Umûmî muhâfaza-i âlât	Mantenimiento productivo total (TPM)
Umûmî teçhizat verimi	OEE
Nazarî idare	Gestión visual
Mahallinde görmek	Gemba / Genchi genbutsu
İllet tahlili	Análisis de causa raíz
Esbâb şeması	Espina de pescado (Ishikawa)
Siyâset tevzii	Hoshin kanri
Mevcûdât tahrîri	Inventario físico
Hamule arabası	Carretilla elevadora
Muhtesib / İhtisâb	Inspector / Inspección
Tatfîf	Fraude en la medida y el peso
İcâre / Ecîr	Contrato de trabajo / Asalariado
Ecr-i misl	Salario equivalente
Narh	Fijación oficial de precios

Anexo II: Índice de aleyas y hadices

Fuente	Sentido	Tema
al-Baqara 2:282	Cuando os endeudéis, ponedlo por escrito	Registro, ficha estándar
al-Baqara 2:286	No se impone lo que no se puede soportar	Capacidad, suplementos, muri
Âl 'Imrân 3:159	Consúltales en los asuntos	Hoshin, equipo
an-Nisâ 4:58	Confiad los depósitos a quienes corresponden	Plantilla, inventario
al-Mâ'ida 5:8	Que el odio no os lleve a la injusticia	Valoración de la actuación
al-A'râf 7:31	No derrochéis	Muda
Hûd 11:85	Completad la medida	Mîzân
ar-Ra'd 13:11	Hasta que un pueblo cambie lo que hay en sí	Kaizen
an-Nahl 16:90	Justicia e ihsân	Perfección
al-Isrâ 17:26-27	No despilfarres	Derroche
al-Isrâ 17:36	No sigas lo que no conoces	Decisión basada en datos
Tâ-Hâ 20:114	Aumenta mi conocimiento	Formación
al-Anbiyâ 21:47	Balanzas de la justicia	Medición del trabajo
al-Furqân 25:67	Entre el derroche y la tacañería	Término medio, pull
an-Naml 27:88	El arte que todo lo perfecciona	İtkân
al-Qasas 28:26	El fuerte y digno de confianza	Selección del trabajador
ash-Shûrâ 42:38	Sus asuntos, por consulta	Consulta
al-Hujurât 49:6	Verificad la noticia	Verificación
an-Najm 53:39-41	La recompensa de su esfuerzo	Justicia salarial
al-Qamar 54:49	Todo según una medida	Estándar
ar-Rahmân 55:5	El sol y la luna según un cálculo	Tiempo takt
ar-Rahmân 55:7-9	Estableció la balanza	Adl
at-Talâq 65:3	Una medida para cada cosa	Estándar
al-Mulk 67:3-4	Mira una y otra vez	PDCA, inspección
al-Mutaffifîn 83:1-3	¡Ay de los defraudadores en la medida!	Tatfîf
al-Inshirâh 94:7	Al terminar una tarea, otra	Flujo
az-Zalzala 99:7-8	El peso de un átomo	Therblig
al-'Asr 103:1-3	Por el tiempo	Tiempo
Bujârî, Bad' al-Wahy 1	Las obras según las intenciones	Fijación del objetivo
Bujârî, Îmân 22	No les impongáis lo que no pueden	Muri, ergonomía
Bujârî, 'Ilm 11	Facilitad	Simplificar
Bujârî, Buyû' 15	El mejor bocado es el del trabajo de las manos	Trabajo
Bujârî, Mazâlim 5	Un edificio que se sostiene	Equilibrado de líneas
Bujârî, Adab 83	No ser picado dos veces en el mismo agujero	Poka-yoke
Bujârî, Riqâq 1	La salud y el tiempo libre	Despilfarro de espera
Bujârî, Riqâq 18	Lo constante aunque sea poco	Kaizen
Muslim, Tahâra 1	La pureza es la mitad de la fe	Tathîr, 5T
Muslim, Îmân 95	La religión es consejo	Andon, retroalimentación
Muslim, Îmân 164	Quien nos engaña no es de los nuestros	Gemba, calidad
Muslim, Sayd 57	İhsân en todo	Perfección
Tirmidhî, Zuhd 11	Abandonar lo inútil	Eliminación (ECRS)
Tirmidhî, Qiyâma 60	Ata tu camello y confía	TPM
Ibn Mâja, Ruhûn 4	Pagad el salario antes de que se seque el sudor	Salario
Ibn Mâja, Tahâra 48	No derroches ni en un río	Derroche

Fuente	Sentido	Tema
	caudaloso	
Ibn Mâja, Tiyârât 34	Inclinad la balanza	Mîzân
Bayhaqî, Shu'ab al-Îmân	Hacer el trabajo con itkân	İtkân