

LLUM I TREBALL

I

A. — Les bases científiques de la nova ciència de la lumino- psicotècnica

I.—INTRODUCCIÓ

Els grans progressos tècnics del darrer segle, relatius a la producció i utilització de la llum artificial, ens permeten, per primera vegada en la història de la humanitat, de creure que en un temps no molt allunyat hom obtindrà mitjans d'illuminació gairebé ideals. Durant un bon nombre de segles passats, l'home havia de satisfer-se, una vegada vinguda la nit, de mitjans lluminosos més que modestos. Fa solament una vintena d'anys que la llum artificial intenta esdevenir un seriós i real concurrent de la llum de dia. Al principi de l'era de la llum artificial—el desenvolupament de la qual no vingué fins després del descobriment de la llum de gas d'incandescència i de la llum elèctrica d'arc i d'incandescència—s'esperava resoldre tot el problema de la llum artificial per la producció d'intensitats lluminoses cada vegada més fortes, sense adonar-se de les particularitats de la finalitat perseguida. D'aleshores ençà, la ciència de la llum artificial ha estat intensament desenvolupada. D'antuvi, es formava una ciència de la il·luminació elèctrica i la descoberta de procediments nous per a crear fonts lluminoses pràctiques i econòmiques, aparells de difusió de totes menes, portà la tècnica de la il·luminació a un nivell molt enlairat. Però sempre la idea de la intensificació de la llum era la que prevalia després de la de l'economia. No obstant, després d'haver creat fonts perfeccionades, armadures pràctiques i variades, els tècnics s'adonaren un dia que seguien un camí fals, i lliurats a la recerca de mitjans d'illuminació millors, arribaren a oblidar la finalitat última d'aquesta recerca. És a dir, tal làmpada perfeccionada no s'havia de limitar solament a convertir l'energia fornida en radiació visible d'una manera possiblement perfecta; tal difusor, bell i durable, no havia d'adornar solament l'interior o protegir la làmpada: la finalitat d'aquests aparells era la de procurar la llum necessària per a cada

activitat humana, que és el factor més gran per a totes les conquestes de la humanitat. La comprensió de la idea que la làmpada elèctrica és, en primer lloc, el mitjà d'illuminació i no pas un objecte d'investigació per ella mateixa, trigà alguns anys a fer-se camí. L'excés de la intensitat lluminosa en un moment donat començava a perjudicar l'efecte lluminós, a causa de l'enlluernament; les més belles armadures no ajudaven ja a resoldre racionalment els mils de problemes posats per la vida, com són els de la il·luminació d'interiors, de carrers i de places públiques i, sobretot, el més important de tots, la il·luminació de camps de treball. S'anava a les palpentes, sense poder trobar una solució raonable. Amb tots els mitjans tècnics perfeccionats, no s'assolia de millorar les condicions de la percepció visual, una vegada la llum del dia acabada. La jove ciència de la lumino-tècnica es trobava en un carreró sense sortida. D'acord, però, amb l'ordre de coses etern en el nostre vell planeta, l'evolució de la ciència humana és sotmesa a lleis determinades que uneixen i completen mutualment les diverses branques de la nostra civilització. Les noves idees sorgeixen en el moment necessari i contribueixen a un descabdellament, a una nova i fèrtil embranzida de les altres ciències, mancades, encara, de fonts i de procediments. Justament en els temps en què la lumino-tècnica travessava la seva crisi, fa alguns anys, una altra ciència es desenvolupava d'una manera extraordinària: la psicotècnica, ciència del factor humà. El problema d'aquesta ciència pot formular-se com l'aplicació de les dades de la psicologia experimental i de la psicologia a tots els camps de l'activitat humana. En el seu desenvolupament insospitadament ràpid, i en la seva croada gloriosa a través del món sencer, la psicotècnica arribava també en ajuda a la luminotècnica. La ciència del factor humà té, d'antuvi, dos aspectes: primerament, escollir i adaptar un assumpte a un treball donat, és a dir, el problema de l'orientació professional, de la SP, de l'educació, de l'aprenentatge psicològic, etc., i és per l'altre costat, adaptar el marc de l'activitat humana a la naturalesa psicofisiològica de l'home. Aquest aspecte de la psicotècnica era, remarcablement, el nou punt de contacte per a la lumino-ciència, que li permeté, com veurem més endavant, i permetrà en el successiu esperar-ho, contribuir al seu desenvolupament en profit de la humanitat. D'una síntesi d'aquestes dues branques principals i de les seves ramificacions—de la luminotècnica i de la psicologia aplicada—fou creada, en els darrers anys, la nova ciència que els alemanys anomenen actualment "Lichtwirtschaft", els americans "light's management" i que no té pas encara terme únic en els països llatins. Jo em proposo d'anomenar-la, a títol provisorí, la luminopsicotècnica o luminoergologia, és a dir, la lumino-ciència psicològica en la seva aplicació al treball humà. Aquesta nova ciència no tracta ja de problemes purament tècnics

de la il·luminació, ni analitza els cossos radiants, ni s'interessa per la teoria del reflector; és, solament, l'aplicació d'aquestes dades tècniques a les necessitats de l'home consumidor de llum artificial. Seguint el Dr. FABIAN, de la Universitat de Halle, un dels teòrics coneguts de la nova ciència, la seva finalitat pot definir-se com segueix: la luminopsicotècnica és la ciència de l'aplicació de les dades obtingudes de l'estudi de les connexitats psíquiques a les necessitats de la luminotècnica.

2.—FINALITATS I PROBLEMES DE LA LUMINOCIÈNCIA MODERNA

D'acord amb els punts de vista de les seves ciències auxiliars, la luminociència abandona les vies seguides en les seves recerques per la tècnica de la il·luminació. No cerca d'intensificar la llum costi el que costi, sinó que tracta individualment, per dir-ho així, cada camp de l'activitat humana, investiga les seves necessitats d'il·luminació amb l'ajuda d'indicadors que nosaltres estudiarem més endavant i ha creat una nova mesura per a la llum artificial o sigui aquella que, d'acord amb la proposició del cèlebre savi alemany, professor TEICHMULLER es denomina "la bondat de la il·luminació", de la qual tindrem, encara, mantes ocasions de parlar. Hem parlat ja de dos aspectes de la psicotècnica, que podem denominar, seguint el prof. alemany GIESE, la psicotècnica subjectiva i objectiva. Sobre aquest punt trobem una certa analogia en la luminociència, que també posseeix dos aspectes: l'un, la transformació de dades de la lumino-tècnica, les quals adapta a les lleis psicofisiològiques de la percepció i de la constitució humana, i la formació de directrius noves per el desenvolupament de la tècnica; l'altra, l'aplicació de productes lluminosos, transformats sobre aquesta base, al treball humà i a les seves particularitats. En un sentit general d'aquests termes, nosaltres podem parlar dels aspectes subjectius i objectius.

Abans de començar aquest estudi, caldrà que precisem els seus límits, puix que el camp d'aplicació de la lumino-psicotècnica és immensament vast i variat. Arribada la nit, és amb l'ajuda de la llum artificial que s'arriba a la creació d'un món nou artificial, almenys parcialment perceptible per als nostres òrgans visuals, gràcies a llur facultat admirable d'adaptar-se a les grans diferències d'il·luminació existents entre les formidables intensitats fornides per la llum natural i les relativament minimals de les nostres més fortes fonts artificials. Així, la luminociència abraça tota la multiplicitat d'activitats humanes i seria impossible de tractar-les totes. D'aquesta multiplicitat, escollirem el camp vast, i tal vegada el més important, del treball

industrial i estudiarem les relacions entre la llum i els seus excitants i el treball humà contemporani organitzat en les grans fàbriques i tallers.

De TAYLOR ençà, el treball industrial ha estat objecte d'estudis científics molt aprofundits i fecunds. És un problema molt discutit avui dia a tot el món i no som lluny d'atribuir a aquesta ciència tots els pecats capitals, àdhuc a fer-la culpable de tots els desastres econòmics que patim. Ens sembla, però, que cal més aviat plànyer que la nostra vida sigui tan mal organitzada, que no maleir una ciència que ens ensenya rutes naturals que caldrà seguir un dia. L'organització científica i la sobreracionalització no són, ni mica, sinònimes. La força essencial de l'organització científica és l'estudi aprofundit del factor humà, i la realització de tots els procediments ergològics destinats no solament a augmentar la productivitat, sinó, també, a reduir al mínim la despesa d'energia humana. Aquesta mena de transformació del medi de treball, a la qual pertany, també, la racionalització de la llum, tot i aportant profits considerables a l'empresa, persegueix finalitats d'una gran utilitat pública, visa els més importants problemes higiènics i socials. Gràcies a aquests fets, la seva introducció en la indústria és menys difícil i complicada que tota altra innovació. De vegades, es parla de l'oposició que la introducció de mesures de racionalització en la vida industrial troba per part de la classe obrera organitzada; però jo no crec que hi hagi gent que s'oposi de bona fe a una organització nova que ha creat condicions de treball més sanes i agradables, protegeix la salut i àdhuc la vida dels obrers, de terribles accidents, i que no disminueix llurs guanys, tot i aportant un cert profit a l'empresa.

3.—LA LUMINOCIÈNCIA GENERAL. ELS SEUS FACTORS I LES SEVES INDUCCIONS MUTUES

Passem, ara, a l'anàlisi de les diverses ramificacions científiques que contribueixen a la luminopsicotècnica industrial. No intentarem de fer ací un curs sobre la teoria de la luminociència, puix fóra impossible en l'espai del qual disposem; ens limitarem, per tant, a passar en revista l'estat actual i les dades de cada un d'aquests factors singulars, remarcant els punts sol·ressortints que puguin ésser-nos útils.

a) Física de la llum.

Segons la concepció teòrica, el que nosaltres percebem com a llum consisteix en vibracions transversals electromagnètiques d'un èter hipotètic, imponderable, que reomple l'univers i els intervals interatòmics. Aquesta

hipòtesi, basada sobre el conegut experiment del reflector a mirall de FRESNEL, duu el nom de *teoria ondulatoria o de vibracions de Huygens*, i havia substituït l'antiga teoria d'emanació o corpuscular de NEWTON. Segons la teoria electromagnètica de la llum de MAXWELL, les vibracions lluminoses són vibracions elèctriques d'una duració de vibració molt curta. Les vibracions percebudes pel nostre ull com a llum tenen una llargada d'onda entre 400 i 800 μ m que depèn del color. La luminotècnica especial, és a dir, la ciència de la física i de la tècnica de la il·luminació, estudia i investiga els innombrables problemes de la radiació del cos negre, de la física cromàtica, de la distribució de la llum, forma mètodes nous d'anàlisi amb l'ajuda de les corbes polars, recerca la teoria de la dispersió, reflexió i absorció; la luminopsicotècnica aprofita totes aquestes constatacions per a les seves finalitats especials i pràctiques relatives a l'aplicació de la llum al treball, al treball industrial en el nostre cas especial. No obstant, els coneixements de la física de la llum són indispensables a un lumino-pràctic que en els seus treballs en el domeny de la formació d'aparells d'il·luminació toca a cada pas les qüestions de la dispersió, de la difusió i de la física cromàtica. La refracció de la llum ens forneix un problema capital per a les nostres consideracions: el de les sensacions cromàtiques. A la col·laboració de les ciències òptiques, geomètriques i fisiològiques devem el saber que la distinció dels colors en l'espectre és un fenomen purament físic, o millor encara, fisiològic, puix que l'espectre no és sinó una continuïtat de llargàries d'onda que es canvien d'una a altra, d'una manera ininterrompuda, sense punts de distinció possible, fent abstracció, per simplificar la cosa, de les línies de FRAUENHOFER. Això fa comprendre el fet que la determinació de la llargària d'onda o bé del nombre de les oscil·lacions pels diferents colors de l'espectre només pot ésser aproximada. Cada un d'aquests colors ha d'ésser interpretat, en el sentit físic, no com una llargària única, sinó, més aviat, com tota una sèrie de llargàries. Inversament, àdhuc una llum homogèna és formada d'una continuïtat més o menys extensa de llargàries d'onda.

El problema de la interpretació física de la sensibilitat cromàtica és un problema de gran influència per a la luminociència industrial, vist el fet que en el treball industrial ens trobem més aviat davant de sensacions cromàtiques basades sobre l'absorció selectiva i no de colors homogenis de l'espectre. L'excitant físic d'una tal sensació cromàtica consisteix en una síntesi de llargàries d'onda diferents. Un fet que cal retenir és el de les variacions de la sensació cromàtica amb el canvi de la intensitat del color. La naturalesa de totes aquestes qüestions és molt complicada i exigeix un estudi molt complet i aprofundit.

Vegem, ara, el problema de la reflexió de la llum. Cada vegada que una radiació colòrica entra en un nou medi d'una altra velocitat de propagació de vibracions, únicament una part dels raigs es propaguen en aquest nou medi després d'haver sofert un canvi en la direcció, mentre que una altra part és reflectida. Distingim tres graduacions d'aquest fenomen: la reflexió regular, la difosa i la composta. La primera correspon a una superfície completament plana, en la qual l'angle d'incidència és igual al de reflexió. Un semblant cos no és pas visible pel nostre ull, com per exemple, un vidre ben polit, però projecta al seu darrera una imatge de la font lluminosa. Són els cossos transparents.

Els cossos lluminosos de reflexió difosa són els que tenen una superfície aspra, formada de petits reflectors molt nombrosos, orientats en totes les direccions possibles. Aquests cossos són visibles, puix que reflecteixen la llum de tots els punts envers el nostre ulls. Hom els anomena també despolits; llur significació és molt gran, puix que els cossos despolits són una de les millors menes de protecció de l'ull contra la il·luminació excessiva, per tal com dissimulen la font lluminosa.

Finalment, la reflexió composta, tot i difusant una petita part dels raigs, en projecta una altra; el cos és, aleshores, brillant i no utilitzable com a objecte de treball en el seu estat natural.

Per a la luminociència té una importància exclusiva la reflexió o bé la difusió de la llum. El coneixement d'aquest assumpte ens permet d'estudiar i adaptar a les necessitats de treball industrial els diferents difusors que poden fer-nos útil la llum per a les nostres finalitats. Més endavant parlarem d'armadures elèctriques. Allò que cal, no obstant, dir ara, és que recomanar a algú l'adquisició de determinats difusors sense haver estudiat totes les particularitats del camp de treball en qüestió, els seus processos i les seves necessitats, és com ordenar a un malalt un purgant fort sense haver estudiat la naturalesa de la seva malaltia. La formació de difusors és, per a la luminociència industrial un problema primordial, del qual tornarem a parlar amb tots els detalls. Tindrem ocasió de parlar, també, dels esclats; ara, però, ja podem donar-nos algunes precisions, puix que és un dels factors que demostren d'una manera sobressortint la inutilitat de totes les perfeccions en la luminotècnica abandonada a les seves pròpies fonts. L'arcarell elèctric tècnicament ideal pot ésser classificat com inútil per a un cert treball a causa de la brillantor que produeix. Hi han certs treballs de vidrieria, de metalls desoxidats, i altres, que estan sotmesos als fenòmens de la brillantor lumínica.

L'estudi de les lleis de la reflexió ha obligat a la luminopsicotècnica moderna a transformar el sistema de mesures i d'unitats, que li procurava la

luminotècnica clàssica. L'augment de la intensitat lluminosa ja no servia la causa del millorament de la percepció visual dels cossos il·luminats i el poder de reflexió difosa era diferent per a diversos materials; d'ací que la grandària de la il·luminació fos il·lusòria.

Suposem coneguts les unitats i els sistemes de mesurament de la luminotècnica; ens limitarem, per tant, a parlar d'aquesta més recent unitat d'esclat, l'elaboració de la qual és el gran mèrit de la investigació psicotècnica. D'antuvi, la grandària de la intensitat lluminosa mesurada en bugies fou inútil per a les finalitats de la luminopsicotècnica, ja que les fonts lluminoses no tenen la forma de pont, sinó que són superfícies. Així, mancava la condició principal, necessària perquè les intensitats mesurades en totes les direccions de l'espai fossin de la mateixa grandària, i àdhuc la mitjana esfèrica no simplificava pas la idea d'aquesta grandària complicada. Com se sap, sota la influència de les noves investigacions, aquesta mesura fou abandonada per a la classificació de làmpades i substituïda pel nombre de watt d'una font lluminosa. Quant a la il·luminació, que és el flux lluminós dividit per la superfície il·luminada i mesurada en lux, fou considerada pel psicotècnic com a inutilitzable, ja des dels primers passos de la nova ciència. Per al lux, el color, el poder de reflexió i d'absorció d'una superfície il·luminada existeix molt menys que tota altra particularitat d'aquesta superfície. És així que la il·luminació fou substituïda per la *claredat*, unitat que des d'aleshores ha rebut tots els drets de civilitat en la luminotècnica. Aquesta claredat lluminosa (*Flächenhelle*) depèn del grau de reflexió difosa de la superfície il·luminada.

$$C = \frac{R.E}{10^4 \pi} B/\text{cm}^2 \text{ (Stilb)}$$

Com sigui que per a les il·luminacions normals, aquesta unitat "stilb" és d'una grandària mínima, s'introduí tot seguit, a proposta del Prof. TEICHMULLER, la unitat de "lux sobre blanc", el que significa que una superfície d'una il·luminació d'un lux i $R=1$ dona un esclat d'un "lux sobre blanc"; per a $R=1$, l'esclat és $R.E$ "lux sobre blanc". En principi, no té importància que la superfície donada sigui una font primària o secundària, és a dir, si ella mateixa emet raigs lluminosos o bé la percepció òptica del cos és deguda a la difusió de la llum per la superfície il·luminada. És sempre la mateixa fórmula que ens dona la magnitud de la claredat. No cal pas dir que el factor d'esclat és el primer entre tots els factors de treball. Abans d'adaptar la llum a les particularitats psicofisiològiques visuals cal, d'antuvi, tenir en compte que la il·luminació sigui suficient i abundant. En aquest

aspecte cal deixar de banda tota mena d'estandarditzacions i de normes. Solament l'examen psicotècnic, considerant totes les expressions súbtiles d'un procediment ergològic, pot donar-nos una idea clara i precisa sobre la grandària necessària d'un esclat luminós i informar-nos sobre el límit rendible de l'augment de la intensitat.

El factor físic de l'absorció té una importància menor per a la lumino-psicotècnia. Solament el problema de l'absorció selectiva ens lliura un vast camp d'investigació sobre el color de la llum. Sobre aquesta base hom cerca avui dia la solució del problema de la làmpada de llum de dia.

DR. ALEXANDER CHLEUSEFAIRQUE
*Enginyer de l'Institut Psicotècnic de la
Generalitat de Catalunya*

La llum i la periodicitat sexual

S'ha pogut constatar, en el transcurs de les expedicions àrtiques, l'existència entre els esquimals, d'un període sexual. Al començament de l'hivern, sense sol, el desig sexual declina; durant el període d'obscuritat s'interromp la menstruació de les dones. Amb la primavera sobrevé una fase d'excitació sexual; retorna la menstruació i la major part dels infants neixen nou mesos després del retorn del sol. Ara bé, si aquesta llacuna en el cicle sexual és deguda a l'absència de la llum, és evident que es tractaria, essencialment, de la llum solar, car la llum de la lluna no falta durant la nit polar. Els raigs de llum i de calor serien, doncs, indispensables per al manteniment del cicle sexual. Aquesta particularitat no es troba únicament en els esquimals, sinó que el mateix fenomen ha estat constatat en els blancs. A propòsit d'aquests fets, el Sr. Ll. J. LLEWELLYN emet la hipòtesi d'una acció localitzada del període hivernal sobre el sistema de la hipofisi, tota vegada que la llum actua, per mitjà de la hipofisi, sobre els òrgans sexuals. Per altra banda, Henry E. ARMSTRONG s'inclina a considerar que la carència sexual del període obscur prové, més aviat, de l'absència de certes vitamines en els aliments hivernals.