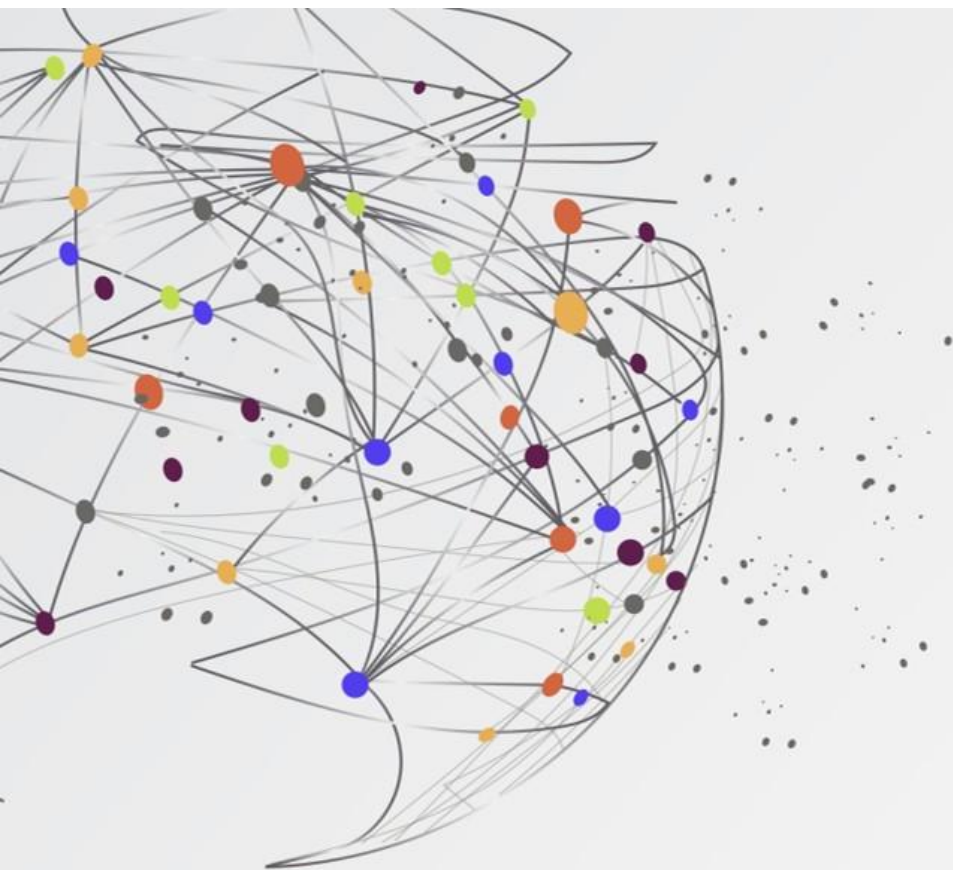


Manufacturing Intelligence

The power of applied intelligence



Torre di Controllo &
Coordinatore attività di fabbrica
FACTORY PCI

Sommario

1. Factory PCI come Torre di Controllo: il concetto	2
2. Posizionamento nel sistema informativo aziendale	3
3. Il Data Lake di Factory PCI: architettura e funzione duale	3
3.1 Livello Raw / Bronze	4
3.2 Livello Cleansed / Silver	4
3.3 Livello Curated / Gold.....	4
4. Gestione dell'ingresso e dell'uscita dei dati dal Data Lake.....	4
4.1 Logica generale dei flussi in ingresso (Data Ingestion)	5
4.2 Logica generale dei flussi in uscita (Data Distribution)	6
5. Il Data Lake come Data Warehouse: benefici della funzione duale.....	6
6. Come inserire Factory PCI nel sistema informativo: roadmap operativa	7
7. Vantaggi per l'azienda	7
7.1 Vantaggi operativi.....	7
7.2 Vantaggi decisionali e informativi	8
7.3 Vantaggi economici	8
7.4 Vantaggi organizzativi e strategici	8
8. Problemi che Factory PCI risolve o supporta nella risoluzione	8
9. Conclusione	10

FACTORY PCI - La Torre di Controllo e il Coordinatore delle attività di fabbrica (Dall'ERP al MES, APS, QMS, MMS e BI - Il Data Lake come cuore del sistema informativo)



1. Factory PCI come Torre di Controllo: il concetto

Nel sistema informativo aziendale, ogni applicativo di fabbrica (ERP, MES, APS, QMS, MMS/CMMS, WMS) governa un dominio funzionale specifico ma parla, tipicamente, un linguaggio proprio, con un proprio modello dati, una propria cadenza di aggiornamento e una propria logica di integrazione.

Il risultato tipico è un sistema informativo frammentato in silos:

- informazioni corrette mai messe in relazione tra loro, viste parziali della realtà di fabbrica, decisioni prese su dati non aggiornati o non correlati.
- Factory PCI si inserisce in questo scenario non come un ulteriore applicativo verticale, ma come Torre di Controllo (Control Tower) e Coordinatore dell'intero sistema informativo di fabbrica.

La sua funzione è duplice:

da un lato acquisisce dati da tutti gli applicativi esistenti in tempo reale o quasi reale,

dall'altro restituisce a ciascuno di essi informazioni arricchite, correlate e ottimizzate, senza mai sostituirsi al loro ruolo transazionale di sistema di sistema di record.

Il principio cardine è: gli applicativi esistenti continuano a fare ciò che sanno fare meglio (registrare, eseguire, certificare); Factory PCI aggiunge il livello mancante di correlazione, pianificazione intelligente, predizione e prescrizione.

Questo posizionamento riprende e formalizza il modello architetturale delineato per Factory PCI (ISA-95 / Manufacturing Operations Management, Livello 3), estendendolo però a un elemento centrale: il

Data Lake di Factory PCI, che funge sia da collettore unico dei dati di fabbrica sia da DataWarehouse aziendale per l'intera reportistica e Business Intelligence.

2. Posizionamento nel sistema informativo aziendale

Factory PCI si colloca in una posizione trasversale rispetto alla piramide informativa classica dell'automazione industriale (ISA-95):

- Livello 4 – ERP/gestionale: pianificazione strategica, anagrafiche, contabilità, ordini.
- Livello 3 – MOM/MES/APS/QMS/MMS: gestione delle operazioni di fabbrica. È qui che Factory PCI si posiziona come piattaforma di coordinamento.
- Livello 2-1 – SCADA, PLC, sensori/IoT: automazione e controllo di processo, fonte di dati real-time.

A differenza di un singolo applicativo verticale, Factory PCI non presidia un solo livello ma si comporta come cerniera trasversale tra il Livello 4 (ERP) e il Livello 3 (MES, APS, QMS, MMS), incorporando al proprio interno anche funzioni di Business Intelligence che tradizionalmente risiedono a un livello ancora superiore (Livello 5, direzionale/strategico).

Dal punto di vista architetturale, l'inserimento nel sistema informativo aziendale avviene secondo quattro principi operativi:

- Non invasività: nessuna sostituzione forzata degli applicativi esistenti; l'integrazione avviene tramite API REST, Web Service, file EDI, code di messaggi (Kafka/RabbitMQ) o connettori nativi.
- Unicità della fonte dati: il Data Lake di Factory PCI diventa l'unico punto in cui i dati di tutti gli applicativi vengono raccolti, storicizzati e correlati, eliminando la proliferazione di integrazioni punto-punto tra sistemi.
- Bidirezionalità dei flussi: ogni applicativo non è solo fonte ma anche destinatario di dati arricchiti restituiti da Factory PCI.
- Governance centralizzata: un unico livello di data governance, qualità del dato e sicurezza per tutti i flussi, invece di regole difformi per ogni integrazione.

3. Il Data Lake di Factory PCI: architettura e funzione duale

Il Data Lake di Factory PCI non è un semplice contenitore di dati grezzi: è progettato secondo un'architettura Lakehouse, che unisce la flessibilità di un Data Lake (dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati, a basso costo di storage) con l'affidabilità e le performance analitiche di un Data Warehouse tradizionale (schemi certificati, viste ottimizzate per il reporting). È proprio questa architettura a permettere al Data Lake di svolgere contemporaneamente due funzioni:

- Data Lake operativo: raccoglie in tempo reale (o quasi reale) i dati grezzi provenienti da ERP, MES, APS, QMS, MMS, WMS e sensoristica IoT, mantenendo la granularità originale e la piena tracciabilità storica.
- Data Warehouse aziendale: espone viste consolidate, modellate e certificate, pronte per l'uso da parte della Business Intelligence, della reportistica direzionale e degli strumenti di analisi (Power BI, Qlik, Tableau o il Copilot prescrittivo nativo di Factory PCI).

Questa architettura si articola tipicamente su tre livelli (o "zone") logici:

3.1 Livello Raw / Bronze

Dati grezzi, così come arrivano dai sistemi sorgente, senza trasformazioni: eventi macchina, transazioni ERP, esiti controlli qualità, letture sensori. Questo livello garantisce tracciabilità completa e possibilità di ricostruire qualunque elaborazione successiva.

3.2 Livello Cleansed / Silver

Dati puliti, deduplicati, validati e riconciliati tra le diverse fonti (ad esempio un codice articolo ERP mappato correttamente sul corrispondente codice MES). È qui che entrano in gioco le regole di Master Data Management (MDM) e di qualità del dato.

3.3 Livello Curated / Gold

Dati aggregati, modellati secondo schemi dimensionali (fact table e dimensioni), pronti per l'uso analitico e predittivo: KPI di produzione, costo per ordine, rischio qualità, rischio guasto, OEE storico e previsionale. È il livello che alimenta sia la Business Intelligence sia gli algoritmi di Machine Learning e l'APS.

Sul piano tecnologico, il Data Lake è tipicamente composto da:

- Ingestion layer: connettori API REST/OData, listener su code di messaggi (Kafka, RabbitMQ, MQTT), gateway OPC-UA per PLC/SCADA, importatori EDI/file per sistemi legacy.
- Storage layer: storage a oggetti scalabile (formato colonnare tipo Parquet/Delta) che separa lo storage dal calcolo, riducendo i costi rispetto a un Data Warehouse relazionale tradizionale.
- Processing layer: motori di elaborazione batch e streaming per pulizia, arricchimento, calcolo KPI e training dei modelli ML.
- Serving layer: API, viste SQL, cubi OLAP e connettori diretti verso gli applicativi di fabbrica e verso gli strumenti di BI.
- Catalogo dati e governance: catalogazione, lineage (tracciabilità dell'origine di ogni dato), controllo accessi a livello di ruolo, retention policy.

4. Gestione dell'ingresso e dell'uscita dei dati dal Data Lake

Il vero valore della Torre di Controllo si misura sulla capacità di gestire in modo ordinato e governato i flussi di dati in ingresso (dagli applicativi verso il Data Lake) e in uscita (dal Data Lake verso gli applicativi). Di seguito la logica di gestione, applicativo per applicativo.

Piattaforma	Dati IN (input Data Lake)	Dati OUT (output Data Lake)	Modalità tecnica prevalente
ERP	Anagrafiche articoli, BOM, cicli di lavoro, ordini cliente/fornitore, forecast, dati contabili di riferimento	Piani di produzione ottimizzati, avanzamenti reali, consumi materiali, costi effettivi, KPI, eventi di produzione	API REST/OData o connettori nativi (SAP, Oracle, Microsoft Dynamics), batch notturno per anagrafiche + near-real-time per ordini
MES	Dati macchina, dichiarazioni operatore, tempi ciclo, fermi, scarti, esiti qualità di linea, avanzamenti OEE	Piani di produzione approvati, sequenze di lavoro, parametri di processo target, allarmi predittivi	Streaming (Kafka/MQTT/OPC-UA) per dati macchina, API/webhook per eventi discreti
APS	Vincoli di capacità, disponibilità risorse/turni, esito simulazioni Digital Twin	Piano di schedulazione ottimizzato, sequenze operative, alert su colli di bottiglia	Motore nativo Factory PCI: il Data Lake alimenta direttamente l'algoritmo di ottimizzazione
QMS	Non conformità, esiti controlli, dati SPC, certificazioni di lotto, audit	Score di rischio qualità per ordine, alert predittivi di non conformità, blocchi preventivi	API REST/batch per documentale, streaming per dati SPC in linea
MMS/CMMS	Anagrafica asset, storico interventi, MTBF/MTTR, dati sensori (vibrazioni, temperature)	Raccomandazioni di manutenzione predittiva, vincoli dinamici per l'APS, priorità interventi	API REST per work order, streaming IoT per dati sensoristici in tempo reale
BI aziendale	Modelli dimensionali, definizioni di KPI, gerarchie organizzative già esistenti	Dataset consolidati, cubi/tabelle certificate, KPI predittivi, viste storiche per reportistica direzionale	Connettori diretti (ODBC/JDBC), viste SQL esposte, export su modelli semantici (Power BI, Qlik, Tableau)

4.1 Logica generale dei flussi in ingresso (Data Ingestion)

L'acquisizione dei dati segue tre pattern complementari, scelti in base alla natura del dato:

- Streaming/real-time per dati ad alta frequenza e criticità operativa immediata: segnali macchina, allarmi, letture sensori, avanzamenti di produzione. Utilizza code di messaggi (Kafka/RabbitMQ) o protocolli industriali (OPC-UA, MQTT).

- Near-real-time via API per eventi discreti ma frequenti: ordine creato, lotto qualificato, work order chiuso, non conformità aperta. Utilizza chiamate API REST sincrone o webhook asincroni.
- Batch per dati anagrafici e a bassa variabilità: BOM, cicli di lavoro, anagrafica asset, anagrafica fornitori. Sincronizzazione pianificata (es. notturna) o on-demand alla modifica.

Ogni flusso in ingresso attraversa un layer di validazione che verifica formato, coerenza referenziale (es. codice articolo esistente in anagrafica) e completezza, prima di essere scritto nel livello Raw e successivamente propagato ai livelli Silver e Gold.

4.2 Logica generale dei flussi in uscita (Data Distribution)

In uscita, Factory PCI restituisce agli applicativi esistenti informazioni elaborate, non semplici copie dei dati ricevuti. La distribuzione avviene tramite:

- API di scrittura/aggiornamento verso ERP e MES per pubblicare piani di produzione approvati, aggiornare stati ordine, registrare costi effettivi.
- Notifiche ed eventi (webhook, code di messaggi) verso QMS e MMS per innescare azioni preventive: blocco di un piano a rischio qualità, apertura automatica di una richiesta di manutenzione predittiva.
- Viste dati e dataset certificati esposti alla Business Intelligence aziendale (datamart, modelli semantici, connettori diretti) per la reportistica direzionale e il self-service analytics.

Un principio di governance importante: ogni scrittura di Factory PCI verso un sistema esterno passa sempre da un'approvazione (umana, quando previsto, es. il planner che approva il piano APS) o da una regola di business esplicita, mai da automatismi non controllati, per preservare l'integrità dei sistemi di record esistenti.

5. Il Data Lake come Data Warehouse: benefici della funzione duale

Far coincidere Data Lake e Data Warehouse in un'unica piattaforma (architettura Lakehouse) invece di mantenerli separati, come accade nella maggior parte delle architetture aziendali tradizionali, porta benefici specifici e misurabili:

- Eliminazione della duplicazione dei dati: non serve replicare gli stessi dati due volte, una nel Data Lake grezzo e una nel Data Warehouse strutturato, con conseguente riduzione dei costi di storage e dei rischi di disallineamento tra le due copie.
- Coerenza tra dato operativo e dato direzionale: lo stesso KPI calcolato per il planner di produzione (livello Gold) è esattamente lo stesso numero che vede il direttore di stabilimento in un cruscotto di BI, perché entrambi attingono dalla stessa fonte unica.
- Storizzazione nativa: ogni dato grezzo resta disponibile nel livello Raw anche dopo essere stato aggregato, permettendo analisi storiche di lungo periodo, audit e ricostruzione di scenari passati, senza le limitazioni di retention tipiche dei singoli applicativi transazionali (che spesso archiviano o cancellano dati vecchi).
- Un'unica base per BI e AI: i medesimi dati Gold alimentano contemporaneamente la reportistica tradizionale (BI) e i modelli predittivi di Machine Learning (qualità, manutenzione, ritardi), evitando la creazione di pipeline dati separate e ridondanti.

- Riduzione time-to-insight: nuove esigenze di analisi non richiedono nuovi progetti di integrazione, perché il dato è già raccolto, storicizzato e governato in un'unica piattaforma.

6. Come inserire Factory PCI nel sistema informativo: roadmap operativa

L'inserimento della piattaforma nel sistema informativo aziendale segue tipicamente un percorso progressivo, per minimizzare il rischio e massimizzare il time-to-value:

- Fase 1 – Data Hub e osservazione: connessione in sola lettura a ERP, MES, QMS, MMS, WMS esistenti; costruzione del Data Lake/Data Warehouse; nessuna modifica ai processi operativi. In questa fase i benefici sono già visibili tramite dashboard e reportistica unificata (funzione BI).
- Fase 2 – Intelligence predittiva: attivazione dei modelli di Quality Intelligence, Maintenance Intelligence, Cost ed Energy Intelligence sopra il Data Lake già popolato, generando i primi alert e raccomandazioni verso i sistemi esistenti (QMS, MMS).
- Fase 3 – Pianificazione avanzata (APS): attivazione dello scheduler AI e del Digital Twin come motore di pianificazione, con flusso bidirezionale verso ERP (ordini) e MES (esecuzione). È tipicamente l'area dove si passa dall'integrazione alla sostituzione degli strumenti di scheduling preesistenti (fogli Excel, scheduler statici).
- Fase 4 – Copilot e governo integrato: esposizione di un'interfaccia unica in linguaggio naturale, basata sui dati consolidati del Data Lake, a disposizione di planner, responsabili di produzione, qualità, manutenzione e direzione.

Questo approccio a fasi consente di validare il valore della piattaforma già dal primo step (visibilità e BI unificata) prima di intervenire su processi più critici come la pianificazione, riducendo la resistenza al cambiamento e il rischio progettuale.

7. Vantaggi per l'azienda

L'adozione di Factory PCI come Torre di Controllo con Data Lake/Data Warehouse unificato porta benefici su più dimensioni:

7.1 Vantaggi operativi

- Visione unica e in tempo reale dello stato di fabbrica, eliminando la necessità di consultare più sistemi per ricostruire una situazione.
- Riduzione drastica del tempo di pianificazione manuale (60-70%) grazie all'APS con simulazione Digital Twin.
- Miglioramento dell'OEE (15-25%) grazie a piani di produzione realmente eseguibili e verificati prima della pubblicazione.
- Riduzione dei fermi macchina non pianificati (30-50%) grazie alla manutenzione predittiva integrata nella schedulazione.
- Riduzione dei difetti di qualità (20-40%) grazie al passaggio da controllo a consuntivo a controllo predittivo.
- Riduzione di stockout ed eccedenze (15-30%) e miglioramento dell'accuratezza di inventario (25-35%).

7.2 Vantaggi decisionali e informativi

- Un'unica fonte di verità (single source of truth) per tutti i dati di fabbrica, eliminando incongruenze tra i numeri visti da produzione, qualità, manutenzione e direzione.
- Passaggio da un modello reattivo (si scopre il problema quando è già accaduto) a un modello predittivo (si stima il rischio prima che l'evento si verifichi).
- Simulazione preventiva (Digital Twin) dell'impatto di ogni decisione di piano prima della sua esecuzione reale.
- Accesso self-service ai dati tramite Copilot in linguaggio naturale, senza dipendere da report predefiniti o richieste all'IT.

7.3 Vantaggi economici

- Riduzione dei costi di integrazione IT: un solo livello di integrazione governata invece di integrazioni punto-punto tra decine di applicativi.
- Riduzione dei costi di storage grazie all'architettura Lakehouse che evita la duplicazione dei dati tra Data Lake e Data Warehouse.
- Visibilità in tempo reale sul costo effettivo per ordine (Cost Intelligence) e sul consumo energetico previsto (Energy Intelligence), a supporto di decisioni di pricing e di efficientamento.
- Time-to-value rapido: i benefici predittivi si generano da subito sui dati già presenti nei sistemi esistenti, senza attendere una migrazione completa.

7.4 Vantaggi organizzativi e strategici

- Nessuna migrazione forzata dei sistemi esistenti: si preserva l'investimento già fatto su ERP, MES, QMS, MMS, WMS.
- Riduzione del rischio progettuale rispetto a un approccio di sostituzione integrale dei sistemi di fabbrica.
- Maggiore agilità nell'evoluzione del sistema informativo: nuovi applicativi o sensori possono essere collegati al Data Lake senza dover riprogettare le integrazioni esistenti.
- Base dati storica e governata pronta per iniziative future di AI generativa, ottimizzazione e sostenibilità (ESG, tracciabilità di filiera).

8. Problemi che Factory PCI risolve o supporta nella risoluzione

Il posizionamento come Torre di Controllo con Data Lake/Data Warehouse unificato consente di affrontare in modo strutturale alcuni dei problemi più ricorrenti nei sistemi informativi di fabbrica:

- Silos informativi tra applicativi: ERP, MES, QMS, MMS e WMS gestiscono ciascuno i propri dati senza una vista correlata. Il Data Lake unico elimina questa frammentazione, mettendo in relazione dati che prima restavano isolati in sistemi diversi.
- Tracciabilità frammentata: un lotto, un ordine o un asset che attraversa più sistemi (ERP → MES → QMS → WMS) spesso perde continuità informativa nei passaggi tra un applicativo e l'altro. Il Data

Lake ricostruisce la tracciabilità end-to-end, correlando ogni evento lungo l'intero ciclo produttivo.

- Pianificazione manuale o statica: scheduler assenti o basati su regole fisse/fogli Excel, incapaci di considerare simultaneamente vincoli di capacità, qualità, manutenzione ed energia. L'APS di Factory PCI, alimentato dal Data Lake, genera piani ottimizzati su 12+ vincoli simultanei.
- Decisioni prese su dati non aggiornati: l'ERP registra spesso la situazione a consuntivo, non in tempo reale. Il Data Lake, alimentato in streaming da MES e sensoristica, rende disponibile una fotografia sempre aggiornata della fabbrica.
- Qualità rilevata solo a consuntivo: le non conformità vengono registrate dopo che il difetto si è già manifestato. La Quality Intelligence predittiva, basata sui dati storici e correlati nel Data Lake, stima il rischio prima dell'esecuzione dell'ordine.
- Manutenzione reattiva o solo a calendario: interventi programmati a data fissa indipendentemente dallo stato reale dell'asset, oppure fermi non pianificati per guasto improvviso. La Maintenance Intelligence, incrociando dati CMMS e sensoristica nel Data Lake, introduce manutenzione realmente predittiva.
- Mancanza di visibilità sul costo reale di produzione: i costi vengono spesso ricostruiti a posteriori e in modo aggregato. Il Data Lake, correlando dati ERP (costi standard) con dati reali di produzione, rende disponibile un costo effettivo per ordine in tempo quasi reale.
- Difficoltà di reportistica direzionale coerente: ogni funzione aziendale costruisce i propri numeri partendo da estrazioni diverse, generando incongruenze tra i report. La funzione di Data Warehouse del Data Lake fornisce un'unica base certificata per tutta la Business Intelligence aziendale.
- Costi e complessità delle integrazioni punto-punto: senza una piattaforma di coordinamento, ogni nuovo collegamento tra due applicativi richiede un progetto di integrazione dedicato. Il Data Lake come hub centrale riduce il numero di integrazioni da gestire, sostituendo una rete di connessioni punto-punto con un modello hub-and-spoke.
- Difficoltà nell'adozione di iniziative di AI e sostenibilità: senza una base dati storica, coerente e governata, qualunque iniziativa di intelligenza artificiale o di monitoraggio ESG/energetico parte da zero. Il Data Lake fornisce la base dati già pronta per questi sviluppi futuri.



9. Conclusione

Il posizionamento di Factory PCI come Torre di Controllo si fonda su un elemento tecnico e architettonico preciso:

un Data Lake unico, con funzione contemporanea di raccolta operativa e di Data Warehouse aziendale, che si integra in modo bidirezionale e non distruttivo con ERP, MES, APS, QMS, MMS/CMMS e Business Intelligence.

Gli applicativi esistenti continuano a governare il proprio dominio transazionale.

Factory PCI aggiunge il livello mancante di correlazione, storicizzazione, predizione e ottimizzazione, restituendo a ciascun sistema informazioni arricchite invece di limitarsi a consumarle.

Questo modello riduce il rischio progettuale (nessuna migrazione forzata), accelera il time-to-value (i benefici emergono da subito sui dati già esistenti) e costruisce, nel tempo, l'infrastruttura dati necessaria a sostenere non solo l'operatività quotidiana ma anche le evoluzioni future del sistema informativo aziendale: nuova AI predittiva, sostenibilità, tracciabilità di filiera e reportistica direzionale unificata.

